

Dietrich Simons

**"ZÄHL" –VERSUCHE MIT KOLKRABEN
ANHAND DER METHODIK DER MUSTERWAHL**

**- ein Beitrag zum Verständnis von Problem -
Lösungs – Verhalten bei höheren Tieren -**

1974



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554811_0053

Psychologie

"Zähl"-Versuche mit Kolkraben
anhand der Methodik der Musterwahl

- ein Beitrag zum Verständnis von Problem -
Lösungs-Verhalten bei höheren Tieren -

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der
P h i l o s o p h i s c h e n F a k u l t ä t
der
Westfälischen Wilhelms-Universität
zu
Münster (Westf.)

vorgelegt von
Dietrich S i m o n s
aus Jena

1974



Tag der mündlichen Prüfung: 16.7.1974

Tag der Promotion: 20.7.1974

Dekan: Professor Dr. L. Budde

Referent: Professor Dr. W. Witte

Korreferent: Professor Dr. W. Metzger

Gerne nehme ich die Gelegenheit wahr, an dieser Stelle all denen zu danken, die mich sowohl während meines Studiums als auch bei meiner Dissertation wohlwollend unterstützten.

Allen voran sei meinem verstorbenen Vater gedankt, der mein Interesse an wissenschaftlicher Arbeit erweckte. Herrn Prof. Dr. W. Metzger habe ich es zu verdanken, daß ich zur Psychologie überwechselte. Mein ganz besonderer Dank gilt jedoch meinem verehrten Doktorvater, Herrn Prof. Dr. W. Witte, der es vom ersten Semester an verstanden hatte, mich für die experimentelle Psychologie zu begeistern. In großzügigster Weise hat er mich bis heute stets gefördert, so daß ich gerne seinen Vorschlag angenommen habe, mit einer Arbeit aus dem Bereich des tierischen "Zählens" zu promovieren. Das beeindruckendste Erlebnis während der Betreuung der langwierigen Experimente bestand für mich darin, daß Herr Prof. Witte in wissenschaftlich - souveräner Art die bei der Untersuchung sich als unüberwindlich herausgestellt habenden Schwierigkeiten nun ihrerseits zum Thema der Arbeit machte.

Mein Dank bliebe unvollständig, würde er nicht auch die Werkstattleiter, Herrn Th. a.d. Landwehr und Herrn Driese umfassen, die sowohl die Versuchskäfiganlage als auch die Wohnkäfige für die vier Kolkraben erstellten. Weiterhin sei Herrn Akad.Rat D. Langheinrich gedankt, der für mich die Datenverarbeitung mittels Computer besorgte. Sämtliche Abbildungen und Tabellen in der vorliegenden Arbeit sind in hervorragender Weise von Frau Feldmeyer angefertigt. Für die große Unterstützung bei der Fertigstellung der Arbeit bin ich ihr sehr zu Dank verpflichtet. Für die Ermutigung während der Zeit des Rechnens und Schreibens danke ich Regina.

Inhaltsverzeichnis:

	Seite
Vorwort - in eigener Sache	1
Einleitung	3
A. THEORETISCHER TEIL	7
I. Besonderheiten des Vogelhirns	7
II. Das Problem: "Unbenanntes Zählen"	9
1. Untersuchungen	9
2. Interpretation KOEHLERS	11
3. Figurenhilfe	14
4. KOEHLERS Kolkrabenuntersuchung	18
III. Ausgewählte Aspekte des Zählens	25
1. Die Bedeutung der Zahl "7" im Rahmen des "unbenannten Zählens"	25
2. Ausführungen PIAGETs zum Zahl- begriff	29
3. Ausführungen WERTHEIMERS zum Zahlbegriff	34
IV. Aspekte des Lernens	37
1. Lernen und Leistung; latentes Lernen	38
2. Verstärkung	48
3. Unterscheidungslernen	52
4. "Analysatoren-Hypothesen- Strategien"	56
5. Erster Exkurs: "Motorisches Zählen"	61
Zweiter Exkurs: "Entdecken eines gesetzmäßigen Zusammenhangs"	63
B. EMPIRISCHER TEIL	71
V. Bemerkungen über: Versuchstiere, Unterbringung, Versuchsanordnung, Statistik	73
1. Versuchstiere	73
2. Unterbringung	74
3. Versuchskäfig	75

	Seite
4. Transport zwischen Wohnraum und Versuchskäfig	77
5. Weitere Angaben zur Versuchsan- ordnung: Näpfe und Deckel	77
6. Verhalten der Tiere bis Unter- suchungsbeginn	78
7. Bemerkung zur statistischen Aufbereitung der Daten	82
VI. Zweifachwahl 1:2, ohne Muster Versuchstier: Ben	84
VII. Zweifach-Musterwahl	88
1. Vorgehen bei der Dressur der Zweifach-Musterwahl	88
2. Ergebnisse der Zweifach-Musterwahl	91
<u>Ben</u>	
a) Leistungsbereich	91
b) Verhaltensauffälligkeiten	93
c) Interpretation	98
<u>Hoss</u>	
a) Leistungsbereich	100
b) Verhaltensauffälligkeiten	100
c) Interpretation	105
<u>Adam</u>	
a) Leistungsbereich	106
b) Verhaltensauffälligkeiten	109
c) Interpretation	111
<u>Little Joe</u>	
a) Leistungsbereich	112
b) Verhaltensauffälligkeiten	112
c) Interpretation	114
3. Rhythmik bei der Zweifach-Muster- wahl	116
4. Gründe für die Beendigung der Zweifach-Musterwahl	123

	Seite
VIII. Sechsfach-Musterwahl	126
1. Einleitung zur Sechsfach - Musterwahl	126
2. Erwartungen statt Hypothesen	133
IX. Ergebnisse der Sechsfach-Musterwahl	135
1. Versuchs-Aktivitäts-Programm	138
2. Musterwahl-Lösungsprogramm	153
3. Punktmengen-Präferenzen-Programm	164
4. Positions-Präferenzen-Programm	178
5. Positions-Lösungs-Programm	190
6. Verstärkungs-Programm	193
7. Positions-Übergangs-Programm	197
8. Zahlgebilde-Präferenzen-Programm	208
9. Reaktionszeit-Programm	217
10. Fehler-Analyse-Programm	223
11. Präferenzen-Kombinations-Programm	227
12. Experimentelle Ergänzungsunter- suchungen	233
a) Zweifach-Musterwahl mit den Punktmengen 5 und 6	233
b) Zahlgebilde-Äquivalenz-Programm bei Punktmenge 6	235
X. Zusammenfassende Erörterung	239
1. Allgemeine Programm-Übersicht	239
2. Präferenzen, Auffälligkeiten - kasuistisch dargestellt	244
3. Analyse der Ergebnisse nach der Theorie von SUTHERLAND & MACKINTOSH (1971)	249
a) Einführung	249
b) Struktur des Lernprozesses bei der Sechsfach-Musterwahl	252
c) Analyse des Versuchs "Ent- decken eines gesetzmäßigen Zusammenhangs" nach dem "Analysator-Modell"	262

	Seite
4. "Hypothesenbildungen" bei Tieren	264
5. Erweiterung des TOTE-Modells zur Erläuterung des tierischen Problem- Lösungs-Verhaltens	266
XI. ZUSAMMENFASSUNG	272
Literatur-Verzeichnis	276
Lebenslauf	

NEUMANN und KLOPFER (1969) interessierten sich für das Phänomen des "observativen Lernens". Also planten sie, Kanarienvögeln eine einfache Diskriminierungsaufgabe vorzugeben, während andere Kanarienvögel in Nachbarkäfigen die Leistungen nach erfolgter Dressur verfolgen sollten. So weit kam es aber nie, denn die Kanarienvögel lernten die einfache Diskriminierungsaufgabe nicht.

Neumann und Klopfer hatten aber andererseits das Gefühl, die Tiere wollten nur nicht, obwohl sie gekonnt hätten. (Für den strengen Behavioristen eine Bemerkung, die ihn "zusammenzucken" lassen würde).

Nun, sie strukturierten ihr Thema ganz im Sinne von WERTHEIMER (1945) um und variierten die Käfiggröße. Das Resultat: Käfiggröße und Diskriminierungs-Leistung korrelierten.

Uns ging es ähnlich. Eine Funktionsanalyse der Mengenerfassung, untersucht am Beispiel des "Zählens" beim Kolkraben, war der Ausgangspunkt. Die daraus abgeleitete Methodik brachte aber auch nach Monaten strapazenreicher Arbeit keine Ergebnisse. Ein interessanter Lernprozeß hatte sich zwar angedeutet, aber das Kriterium war nicht erfüllt, und das war die Voraussetzung für unsere eigentliche Fragestellung. In diesem für einen Experimentator äußerst deprimierenden Augenblick schlug Herr Prof. Witte vor, sich stattdessen auf Aspekte zu konzentrieren, die in eine Verlaufsanalyse des Lernprozesses münden könnten.

Der Dressur-Versuch einer sehr schwierigen Aufgabe aus dem Bereich des "unbekannten Zählens" wird also in der vorliegenden Untersuchung dazu benutzt, eine Verlaufsanalyse des Lernprozesses durchzuführen. Sie sollte einen Beitrag liefern zu den Problemen, inwieweit auch Tiere bei bestimmten einfachen oder auch komplizierteren Aufgaben so etwas wie "Hypothesen" oder "Strategien" entwickeln können. Letztlich würde die Frage lauten, ob zumindest höhere Tiere überhaupt nach dem Zufall handeln können.

E i n l e i t u n g:

"Daß auch höhere Tiere gleiche oder ähnliche, wenn auch weniger komplizierte Phänomene (wie der Mensch. Verf.) erleben, ist allerdings wegen der anatomischen, histologischen und funktionellen Übereinstimmung von Hirnen und Sinnesorganen mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit anzunehmen". Diese sehr eindrucksvollen Bemerkungen stammen von B. RENSCH (1965, S. 91), einem hervorragenden Kenner der Materie.

Daß sich die " Relevanz " nicht unbedingt aus der Tatsache ableiten läßt, ob das Untersuchungsobjekt Mensch oder Tier ist, sondern sich vielmehr aus dem Zusammenhang zwischen Fragestellung und Methodik ergibt, wird häufig vergessen. In der Lernpsychologie dagegen scheint das Pendel bisweilen zum anderen Extrem auszuschlagen: Allzu leichtfertig werden Ergebnisse des Tierexperiments auf den Humanbereich übertragen.

Im Sozialverhalten wiederum auf tierisches Erbe zurückzugreifen, hat der Verhaltensforschung oft genug den Vorwurf erbracht, sie würde Alibi-Funktionen erfüllen. So sind heute "Grundsatzdiskussionen" über Vergleichende Psychologie, Verhaltensforschung oder Ethologie, eher ideologisch-emotionell denn sachlich-wissenschaftlich fundiert. Ein weiteres Problem, das auch die vorliegende Arbeit berührt, ist das der Terminologie für tierisches Verhalten. " Anthropolomorphisierend " einerseits und " extrem behavioristisch " sind die beiden Extrem-Pole der Beschreibungsmöglichkeiten. Wir haben uns für folgende Lösung entschieden:

Entsprechend den von RENSCH angeführten Überlegungen sehen wir keinen Grund, zumindest bei der Beschreibung des Sozial - und Versuchsverhaltens nicht - wenn auch höchst vorsichtig - "anthropomorphisierend" vorzugehen. Wenn ein Rabe gelernt hat, in einem von zwei Näpfen Futter vorzufinden, und er bekommt nun plötzlich (bedingt durch die "Bösartigkeit" des Untersuchers) bei beiden Näpfen k e i n Futter, so darf man getrost Gefühlsqualitäten wie Wut und Enttäuschung annehmen, wenn der Rabe als Reaktion "aufblickt", wieder in die Näpfe guckt, umherblickt, Napf samt Deckel in die Ecke schleudert, sich umdreht und mehrmals heftig ins Türholz hackt". (So bei Beobachtungen des Verf.). Eine derartige Interpretation scheint also legitim, wobei man hinzufügen darf, dass sie ausgesprochen praktisch ist. Der Fachmann weiß ohnehin um das Problem der Vergleichbarkeit von Gefühlsqualitäten, ihm brauche ich also nicht streng "behavioristisch" das Verhalten zu beschreiben; zudem ist die Interpretation ganz erheblich kürzer und möglicherweise auch prägnanter.

Nicht angebracht wäre es dagegen, wenn man allein das Ausdrucksverhalten zur Grundlage der Entscheidung darüber machen würde, ob ein Tier bei komplizierten Lösungsprozessen auch so etwas wie "Hypothesen" oder "Strategien" entwickelte. Exakt beantworten läßt sich die Frage natürlich nie, aber davon abgesehen muß hier eine Analyse der (Wahl-) Daten eindeutig im Vordergrund stehen, wenngleich äußerst wichtige Ergänzungen aus dem Verhaltensbereich hinzugezogen werden können und müssen (z.B. VTE-Lernen).

Zum Abschluß noch einige Bemerkungen zur Gliederung der vorliegenden Arbeit:

Infolge der Umstrukturierung des Themas sind, nicht zuletzt auch wegen des Umfangs und damit der Lesbarkeit, ursprünglich vorgesehene Kapitel gekürzt oder weggelassen, andere dagegen erweitert oder neu eingefügt worden.

Den Beginn der Arbeit bildet die Darstellung des Problems, des sogenannten " unbenannten Zählens ". Einige wesentliche Aspekte dieses Phänomens innerhalb des Bereiches " averbaler Begriffsbildung " werden erörtert. Für die Diskussion bedeutsame Aspekte des Lernens setzen den theoretischen Teil fort.

Im Anschluß daran werden die Versuche geschildert, die ursprünglich Kernstück der Untersuchung sein sollten, dann jedoch abgebrochen wurden. Es folgt ein kurzer Exkurs zum Problemlösungsverhalten beim Menschen.

Die Hauptversuche der vorliegenden Untersuchung werden umfassend erörtert, die sich anfügende Diskussion wird sich um eine integrative Darstellung der Daten bemühen, auf deren Basis möglicherweise ein Beitrag zum Problem von "Hypothesenbildung" und "Strategie" bei Tieren möglich sein wird.

Ein abschließendes Wort zum Bezugspunkt der Interpretation:

Es geht nicht darum, das Tier zum Menschen zu erheben. Ziel ist vielmehr:

1. der Nachweis, daß menschliches Denken, Fühlen, Urteilen und Handeln vorläufiges Endprodukt einer langen stammesgeschichtlichen Entwick-

lung ist und somit in primitiven Formen in der aufsteigenden Tierreihe nachweisbar ist;

2. über das Studium einfacher Vorgänge bei Tieren heuristisch zu dem ähnlicher, aber komplexerer Vorgänge beim Menschen zu gelangen.

A. Theoretischer Teil

I. Besonderheiten des Vogelhirns

Den Beginn der Arbeit soll eine kurze Betrachtung der "Besonderheiten des Vogelhirns" bilden.

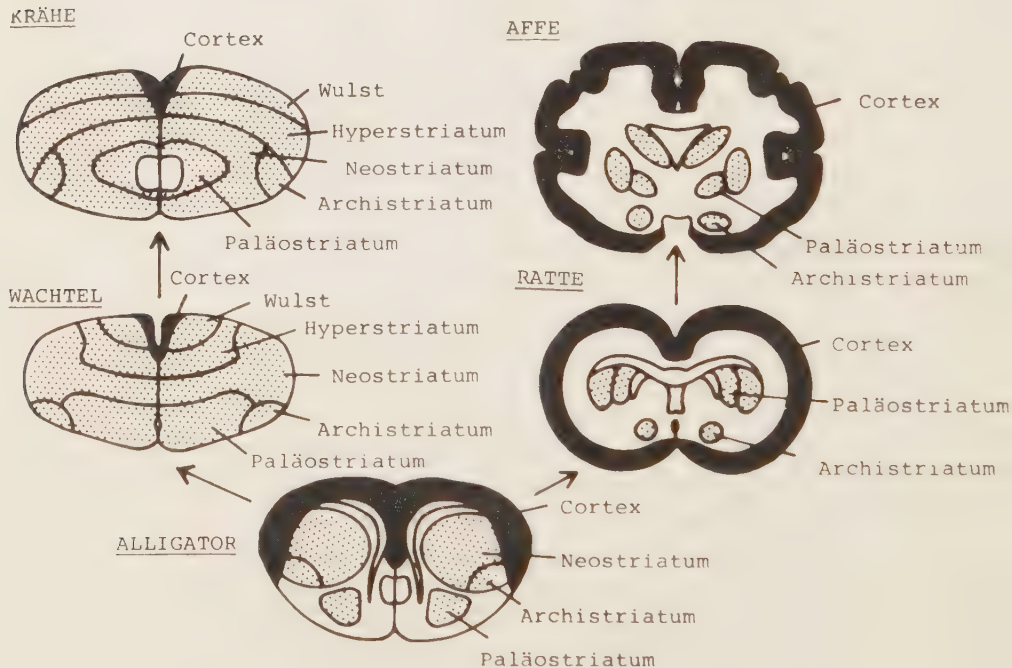
Daß Vögel ausgesprochen schwierige Aufgaben zu meistern vermögen, ist nicht erst seit den Arbeiten KOEHLERS und seiner Schüler bekannt. Daß auch SKINNER als Versuchstiere Tauben benutzte, ist vielleicht eher bekannt. Nicht so bekannt ist dagegen, daß Vögel eher mit einem "veralteten System" arbeiten, das STETTNER und MATYNIK (1968) so ausdrücken:

"The brain of a bird is not only tiny in size but also notably backward in development of the cerebral cortex, the principal organ of intelligence in the higher animals". (S.64).

Es scheint so, daß bei Säugetieren Größe und Komplexität des zerebralen Kortex die Lernleistung bestimmen, bei den Vögeln ist es jedoch Striatum bzw. Hyperstriatum, hochorganisierte Nervengebilde.⁴ So haben sich ausgehend von den Reptilien zwei verschiedene Vorderhirne ausgebildet, das eine mit dem Schwergewicht auf dem Cortex, das andere mit dem Schwergewicht auf dem Striatum, wobei das Hyperstriatum bei Säugetieren überhaupt fehlt. Daß hier sozusagen Intelligenz und Lernvermögen sitzen, haben Versuche gezeigt, bei denen Teile des Cortex oder der Wulst abgetragen wurden. Abtragung des Cortex hatte auf die Lernleistung in Diskriminierungsversuchen kaum Einfluß, Abtragung

* Fischel, W.: Die höheren Leistungen der Wirbeltiergehirne

des Wulsts dagegen wohl, wobei interessant war, daß die Tiere sonst völlig unauffällig waren, motorisch wie sozial. Die, von den Reptilien ausgehend, verschiedenartige Entwicklung des Cortex bei den Säugern einerseits und des Striatum bei den Vögeln andererseits verdeutlicht die Gegenüberstellung von Großhirn-Schnitten bei Säugern sowie Vögeln:



Darstellung der unterschiedlichen Großhirnentwicklung bei Säugern (Corticalisierung) und Vögeln (Vergrößerung der Striatum-Anteile). (Nach STETTNER u. MATYNIK, S. 75).

Bei den Vögeln scheint der Cortex im Dienste der Riechfunktionen zu stehen; die Cortex-Größe korreliert mit der "Intelligenz" negativ! Umgekehrt beinhaltet zumindest beim Menschen das Striatum bahnende und bedeutsame hemmende Anteile für die Motorik. STETTNER und MATYNIK sehen im Hyperstriatum den "Stein von Rosette", weil sie glauben, daß die Erforschung jener vergleichsweise einfachen Hirnstrukturen uns wesentlich weiterhelfen wird.

II. Das Problem: " Unbenanntes Zählen "

1. Untersuchungen

Die Untersuchungen O. KOEHLERS und seiner Mitarbeiter (KOEHLER et al. 1935; KOEHLER u. WACHHOLZT 1936; KOEHLER 1937; ARNDT 1939; MAROLD 1939; SCHIEMANN 1939; KOEHLER 1943; BRAUN 1952; SAUTER 1952; HASSMANN 1952; KÜHN 1953; LÖGLER 1959) ausführlich zu würdigen, würde den Rahmen der vorliegenden Arbeit sprengen. Stattdessen soll eine Untersuchung exemplarisch herausgestellt werden, nämlich die Arbeit KOEHLERS (1943) mit dem Kolkraben als Versuchstier, die zudem eine direkte Vergleichbarkeit zu unseren Experimenten bietet.

KOEHLER und Mitarbeiter untersuchten zunächst zwei "Grundvermögen", nämlich 1.) Anzahlen zu sehen und zu vergleichen, 2.) Anzahlen "abzuhandeln". Beim Simultanvermögen werden die zu erkennenden Reize simultan, beim Sukzessivvermögen hintereinander dargeboten. Beide Grundvermögen wurden dann nach außerordentlich ermutigenden Anfangserfolgen miteinander kombiniert. So wurden z.B. simultan erfaßte Anzahlen abgehandelt. Ferner lernten Tiere, jeden dritten Köder aus einer Reihe zu wählen, sie lernten auch, "gleich" von "ungleich" zu unterscheiden (oddity problem), und schließlich noch nach einem Muster zu wählen (matching from sample). Als Versuchstiere dienten u.a.: Taube, Papagei, Elster, Dohle, Wellensittich, Kolkrabe, Eichhörnchen und Rhesusaffe. Die Leistungsunterschiede waren sowohl qualitativer als auch quantitativer Art.

3 Beispiele:

Die o.a. Musterwahl gelang zwar nicht dem Wellensittich, wohl aber dem Kolkraben. Die Taube hat Schwierigkeiten, Anzahlen zu erfassen, wenn diese nicht aus Ködern, sondern aus neutralen Deckelpunkten bestehen; kein Problem ist das aber für Elster und Eichhörnchen.

Die Unterscheidung von zwei Mengen mit 6 und 7 Elementen gelang zwar dem Raben, nicht aber der Taube.

Zweifellos muß man bei derartigen Behauptungen vorsichtig sein, denn die Ergebnisse mögen nicht immer vergleichbar sein. In erster Linie denkt man natürlich an die Methodik, die vielleicht nicht dem Tier adäquat war. Zumindest im Bereich des Sukzessivvermögens hat ZEIER (1966) dies eindrucksvoll demonstriert, indem er mit der Methode des "operant conditioning" die Taube vom Platz des "Klassenschlechtesten" wegführte. Natürlich gibt es auch gute und schlechte Lerner, intelligente und weniger intelligente Tiere. Da jedoch insgesamt die Leistungen einiger Tiere - das gilt zunächst nur für die Vögel - ihrer Stellung innerhalb der Ordnung entsprechen, darf man die gefundenen Leistungsunterschiede zunächst durchaus anerkennen.

2. Interpretation KOEHLERS

Otto KOEHLER (1941, 1943, 1949, 1951, 1952, 1954, 1955), sein Name ist untrennbar verknüpft mit Untersuchungen über das "Zähl"- Vermögen bei Tieren, setzte das Wort "Zählen" stets in Anführungsstriche, um damit deutlich zu machen, daß tierisches "Zählen" nicht mit menschlichem (Ab-)Zählen identisch ist. Tierisches "Zähl"-Vermögen siedelte KOEHLER (1955) im Bereich des "unbenannten Denkens" an; darunter verstand er: " Besitz unbenannter Einfälle, unbenannter Vorstellungen, Begriffe und Urteile, solches Erleben von Affekten sowie ihrer aller Zusammenspiel " (S. 591).

Freilich ist unbenanntes Denken nicht nur dem Tiere vorbehalten, auch der Mensch denkt - wenn auch nicht immer bewußt - unbenannt. KOEHLER versucht, das "Zählen" der Tiere mit einem Minimum an Voraussetzungen zu erklären und folgert: " Dazu brauchen sie im Simultanbereich, im Sehen von Anzahlen, nur den anschaulichen Begriff von Mehr oder Weniger zu bilden. "(S.596).

Menschliches Zählen setzt unbenanntes "Zählen" voraus, ist also stammesgeschichtlich jünger, ist Erbe aus dem Tierreich. Das benannte Zählen konnte nur auf der Basis des "unbenannten Zählens" entstehen. Seine Grenze findet dieses "unbenannte Zählen" höchst wahrscheinlich bei 7, d.h. 7 Elemente können noch simultan und sukzessiv von 6 Elementen unterschieden werden, nicht aber 8 von 7, wenn die 8 Elemente nicht in einer prägnanten Form dargestellt sind. Die Tiere "brauchen nur den anschaulichen Begriff von Mehr oder Weniger zu bilden", schreibt

KOEHLER, wobei man sich fragen muß, ob das Primäre nicht die Entscheidung "gleich" oder "ungleich" ist und erst danach der Vergleich "mehr" oder "weniger" getroffen wird. Umgekehrt könnte das "gleich" aus der Negation von "mehr" und "weniger" erschlossen werden. Zumindest bei Mengen mit kleineren Anzahlen ist das "gleich" primär anschaulich gegeben. Bei größeren Mengen wird es schwieriger, der Schwierigkeitsgrad muß allerdings nicht linear ansteigen. Doch unabhängig davon haben wir es, auf der Basis von Invarianz, Äquivalenz und Generalisation, mit erstaunlichen Leistungen zu tun, die erst recht durch eine vergleichende Betrachtung der Arbeiten PIAGETS zu würdigen sind.

An anderer Stelle vermutet KOEHLER (1949) beim Vogel "qualitativ gleichwertige Marken", in denen der Vogel "mitdenkt" (S.235), so daß der menschlichen "1" beim Tier ebenfalls so etwas wie eine "1" entspricht. Da hier ein Symbol durch das andere ersetzt wird, scheint mir diese Annahme nicht gerechtfertigt. Ebenso wie der Mensch zwei Elemente als Paar, als Duo, unmittelbar erleben kann, ohne daß er diese mit irgendwelchen Zahlbegriffen benennen müßte, so darf man dies auch beim Tier annehmen, ohne auf Zahlsymbole rekurrieren zu müssen. Die Vorstellung des "plus 1" und "minus 1" scheint auch deshalb problematisch, weil sich Mengen durch Hinzufügen oder Wegnehmen eines Elements in der Wahrnehmung völlig anders strukturieren können. (WERTHEIMER 1923). Fügt man der 4 eine 1 hinzu, so kann sich die neue Menge 5 als das Resultat von 3 und 2 darstellen, je nach figuralem Charakter.

Trotz dieser Einwände ist die KOEHLERSche Interpretation tierischen "Zählens" immer noch vorbildlich vorsichtig und daher bis heute aktuell.

3. Figurenhilfe

ARNDTs (1939) Taube lernte 3:4 (lies: die Unterscheidung drei gegen vier, wobei die richtige Anzahl immer an erster Stelle steht) erst, nachdem die 3 Körner im Dreieck, die 4 Körner in einer Linie angeordnet waren. Nachdem dies beherrscht wurde, konnten sukzessiv auch "unauffälligere" Anordnungen dargeboten werden, die das Tier dann ebenfalls zu unterscheiden wußte.

Dieses Verfahren innerhalb der Andressur wird mit "Figurenhilfe" bezeichnet.

MAROLD (1939): " Wenn wir angesichts eines Nebeneinanders gebotener Körner von Figurenhilfe sprechen, so war damit das nachweislich vorhandene Vermögen gemeint, sich bestimmte Körneranordnungen zu merken, z.B. die des Dreiecks ".
(S. 209)

Ausgangspunkt ist also, daß 3:4 für das Tier leichter zu lösen ist, wenn z.B. die 3 Elemente in Form eines Dreiecks, die 4 Elemente in Form einer Linie dargeboten werden. Man nimmt damit ferner an, daß 3 Punkte in Form eines Dreiecks sich in der Wahrnehmung des Tieres als so etwas wie ein Dreieck abbilden, während 4 Punkte hintereinander in der Wahrnehmung als Linie erscheinen. Weil diese Annahme wichtig und interessant ist, scheint es notwendig, sie einmal ganz klar und deutlich herauszustellen. Eine wirklich umfassende und differenzierte theoretische Auseinandersetzung mit dem Phänomen der Figurenhilfe lassen die ausgezeichneten Arbeiten KOEHLERS und seiner Schüler vermissen.

Mit Figurenhilfe arbeiteten auch BRAUN (1952), SAUTER (1952), HASSMANN (1952), MAROLD (1939)

und KOEHLER (1943). Hassmann und Braun stellten überrascht fest, daß nach Wegfall der Figurenhilfe die Leistungen sogar besser wurden. Andererseits wird berichtet (KOEHLER, 1943), daß ohne Figurenhilfe überhaupt nicht das Lernkriterium erfüllt worden wäre. Schließlich haben RENSCH und ALTEVOGT (1953) gezeigt, daß ein Elefant zwar 4:3 unterscheiden kann, allerdings nur mit voller Figurenhilfe. (Quadrat vs. Linie). Hier gelang es im Gegensatz zu ARNDT mit seiner Taube nicht, das Tier zu positiven Reaktionen bei zufälligen Anordnungen zu bringen.

Daß Figurenhilfe eine echte Hilfe bedeutet, ist empirisch häufig erwiesen, doch ist das Problem damit keineswegs gelöst.

Daß die Tiere z.T. nach Wegfall der Figurenhilfe bessere Leistungen zeigten, mag mit einer Erscheinung zusammenhängen, die KOEHLER (1955) so umschreibt: " Je radikaler man das variierte, was das Tier nicht erfassen soll, um so besser sieht es davon ab. " (S. 593).

Mit anderen Worten: jede gleichförmige, konstante Darbietung kann für den Verlauf des Lernprozesses "Gift" sein, denn nur durch stetiges Variieren des für das zu lernende Kriterium Unwichtigen kann das Tier auf das Wesentliche gelenkt werden. Damit steigen Motivation, Konzentration und Leistung. Als Lern - und Lehrhilfe hat sich die Figurenhilfe bewährt, nur wüßte man gerne, wie diese Lernhilfe qualitativ und quantitativ aussehen müßte.

Erst recht bei so sehr vielen Versuchsdurchgängen, wie sie im Rahmen der "Zähl"-Untersuchungen üblich sind, gilt es, Redundanzen zu vermeiden. Kurz: Man muß gegen die Langeweile angehen. Neuigkeiten fördern Neugier.

In diesem Zusammenhang ist interessant: Häufig fällt das Tier (KOEHLER, 1943) nach anfänglich signifikanten Ergebnissen in der Leistung auf Zufallsniveau ab. Wir sagten, daß die Annahme, daß Figurenhilfe eine Lernerleichterung, manchmal sogar Voraussetzung für das Lernen überhaupt sei, empirisch häufig genug belegt worden ist. Man sollte allerdings dabei nicht vergessen, daß bereits das Erkennen einer "Figur" - man nimmt ja an, daß 4 Punkte, angeordnet im Quadrat, als so etwas wie ein Quadrat erlebt, wahrgenommen werden - eine hohe Abstraktions- und Generalisationsleistung darstellt. WIE nun 4 Punkte in quadratischer Anordnung erlebt werden, werden wir wohl nie erfahren. Figurenhilfe ist nicht gleich Figurenhilfe. Sie kann notwendig sein (und zum Erfolg, d.h. zur späteren Generalisation, Invarianz führen), sie muß aber nicht hinreichend sein (Generalisierung gelingt nicht, das Tier bleibt bei figuraler Beurteilung stehen), und sie kann überflüssig sein, d.h. das Tier lernt auch ohne Figurenhilfe gleich schnell. Es ist nun bisher überhaupt nicht abzuschätzen, bei welchem Tier man in welchem Maße bei welcher Aufgabe Figurenhilfe geben muß. Bei so begabten Tieren wie Kolkraben mag die Figurenhilfe eher eine Lernerleichterung im Sinne einer sukzessiven Annäherung sein, bei weniger intelligenten Tieren mag es eine Voraussetzung sein, um wahrnehmungspsychologische Entwicklungen in Gang zu setzen.

Es wäre auch die Frage zu stellen: Was spielt sich in der Wahrnehmung, was spielt sich zentral-nervös ab, wenn ein Tier von ausgezeichneten figuralen Anordnungen (4 Punkte im Quadrat dargeboten) ausgehend, sukzessiv mit immer

" zufälligeren " Anordnungen konfrontiert wird ? Wann treten Umstrukturierungen auf, wie verlaufen sie ? Den Abschluß dieser vorläufigen Betrachtung zum Problem "Figurenhilfe" sollen die Ergebnisse KÜHNs (1953) bilden. KÜHN analysierte die Reaktionen seines Rhesusaffen auf bestimmte Punktmuster und hob folgende Besonderheiten heraus:

1. Symmetrische Anordnungen werden gegenüber nicht-symmetrischen nicht bevorzugt;
2. enge Punktlagen werden gegenüber auseinanderliegenden bevorzugt;
3. bei zweireihigen Anordnungen konzentrierte sich das Interesse besonders auf die untere Reihe;
4. dicht zusammenliegende Elemente wurden der Menge nach leicht überschätzt, ebenso kreisförmige Anordnungen;
5. reihenförmige Anordnungen wurden in vertikaler Anordnung besser differenziert als in horizontaler;
6. in der Dreigruppenwahl (drei Wahlmöglichkeiten) wurden " stark gegliederte Komplexe (dreifach geteilter Kreis, Sternfigur) spontan bevorzugt. (S. 282).

4. KOEHLERS "Kolkrabenuntersuchung"

Da unter den KOEHLERSchen Arbeiten zum "Zähl"-vermögen auch eine den Kolkraben zum Versuchstier hat (1943), soll diese besonders gewürdigt werden, um später einige Vergleiche anstellen zu können zwischen der KOEHLERSchen und unserer Arbeit.

Mit bewundernswerter Ausdauer führten KOEHLER und seine Mitarbeiter in der Zeit vom 31.5.1941 bis zum 29.9.1942 in 794 Versuchsstunden insgesamt 8276 Versuche durch.⁺⁾ Sie begannen mit der Zweifachwahl am Köderbrett und endeten mit der 5-fach-Musterwahl kompliziertester Art.

Anliegen KOEHLERS war, im Simultanvergleich (im weitesten Sinne) die Grenzen des "Zähl"-Vermögens festzustellen. Aus diesem Grunde wird man höchst verständlich Aussagen über Phänomene der Mengen-, Form - und Orts-Präferenzen nur bedingt erwarten dürfen, denn hier galt es ja, derartige Präferenzen s o f o r t zu beseitigen, um das Erreichen des Lernziels nicht zu gefährden. Und das ist gar nicht immer einfach.

Daß aber auch während der Untersuchungen KOEHLERS derartige Phänomene eine Rolle gespielt haben, soll an einem Beispiel demonstriert werden, das zudem noch lernpsychologisch von größtem Interesse ist. Ansonsten werden nur kurz die Leistungen von "Jakob" bei der 5-fach-Musterwahl referiert, um die Ergebnisse der eigenen Untersuchung besser einordnen zu können.

⁺⁾ Gerechterweise sollte die Würdigung der "bewundernswerten Ausdauer" auch den Kolkraben "Jakob" einschließen.

5-fach-Musterwahl mit Figurenhilfe

Bei der 5-fach-Musterwahl soll der Rabe lernen, von fünf zur Wahl stehenden Näpfen denjenigen zu öffnen, auf dessen Deckel ebenso viele Punkte dargestellt sind wie auf einem vorgegebenen Muster. "Figurenhilfe" bei den "Zähl" - Versuchen bedeutet, daß die betreffende Anzahl figural so dargestellt ist, daß ein Unterscheiden dieser Anzahl von einer anderen schon aufgrund der andersartigen Figur, der andersartigen figuralen Komposition, möglich ist, also ohne die wirkliche Anzahl erfassen, ohne tatsächlich z ä h l e n zu müssen.⁺⁾ Hier auszugsweise die Ergebnisse der 450 Versuche:

Tab.: 1 Häufigkeiten der Wahlen und Scheuchungen pro Muster

Muster	positive Wahlen	Scheuchungen
3	111	106
4	73	35
5	73	52
6	93	63
7	100	63
Summe:	450	319

In der Spalte "Muster" kann man ablesen, ob auf dem Muster 3, 4, 5, 6 oder 7 Punkte waren. Unter "Wahlen" ist aufgeführt, wie häufig die entsprechenden Wahlen (und damit auch Muster) positiv waren. Der Spalte "Scheuchungen" schließlich

⁺⁾ Bei Versuchen mit "Figurenhilfe" wählte KOEHLER folgende Darstellung der gebotenen

Anzahlen: 3 = .°. 4 = :: 5 = ::.

6 = .: 7 = .:.
 .: .:

kann man entnehmen, bei welchem Muster Jakob wie häufig weggescheucht worden ist.

Sowohl bei den " positiven Wahlen " als auch bei den " Scheuchungen " sollte man, bezogen auf die 5 Muster, Gleichverteilungen erwarten, doch in beiden Fällen liegen signifikant überzufällige Verteilungen vor. (χ^2 - Test). Die Produkt-Moment-Korrelation zwischen " Wahlen " und " Scheuchungen " beträgt $r = 0,889$.

Das bedeutet folgendes:

Bei dieser Versuchsserie (insgesamt 450 Versuche, bei 5 verschiedenen Mustern ist erwartungsgemäß jedes Muster 90 mal positiv) wurde das Muster mit 3 Punkten überzufällig oft dargeboten (natürlich auf " Kosten" anderer Muster, vor allem 4 und 5). Dasselbe gilt auch für die Verteilung der " Scheuchungen ". Beides muß man im Zusammenhang sehen:

Daß Jakob von Muster 3 besonders häufig weggescheucht worden ist, zeigt seine Vorliebe für dieses Muster. Eben dieses Verhalten entspricht der überzufällig häufigen Darbietung des Musters 3. Hier hat offensichtlich eine differentielle Konditionierung stattgefunden. Man könnte dieses Resultat auch auf der Folie des Wahrscheinlichkeitslernens betrachten. Zweifellos entspricht die Versuchsanordnung nicht der beim Wahrscheinlichkeitslernen, zudem hat Jakob auch noch zum fraglichen Zeitpunkt das Lösungsprinzip der Musterwahl in gewisser Weise erkannt, aber es sei daran erinnert, daß ein Tier durchaus nach mehreren Prinzipien gleichzeitig auf eine Aufgabe reagieren kann, indem es nämlich einmal die vermutete Regel zur Lösung des Problems anwendet, zum anderen aber sich gleichzeitig von Orts - und Lagepräferenzen leiten läßt.

Fassen wir also die Musterwahl einmal als Versuch zum Wahrscheinlichkeitslernen auf und fragen uns, ob die Daten eher an eine Optimierung oder Maximierung denken lassen könnten. Die Frage ist nicht entscheidend zu beantworten. Läßt man aber die Kenntnis des Lösungsprinzips außer acht, dann könnte man tatsächlich an eine Optimierung denken. Nimmt man andererseits an, daß "Scheuchen" gleichzeitig ein erheblicher Strafreiz ist, so könnte dadurch der Maximierungs-Effekt verdeckt worden sein. Nun, trotz dieser etwas gewagten Interpretation ist das Resultat insofern bemerkenswert, als KOEHLER diesen hier analysierten Ergebnissen keine Bevorzugung eines Musters meint entnehmen zu können. Jedoch in allen anderen überprüfbaren Fällen liegt bezüglich der Muster-Präferenzen eine Gleichverteilung vor. Ja, sogar die Versuche, die unmittelbar auf diese Serie folgten, zeigen keine Präferenzen (auch der 3). Demnach darf man annehmen, daß die Präferenz tatsächlich sekundär war, also durch die überzufällige Darbietung der "3" differentiell konditioniert worden ist.

Ein kleiner "Wermutstropfen" bleibt allerdings: Die einzigartige Serie von 11 richtigen (ohne Scheuchen?) Lösungen nacheinander wurde ausgerechnet in jener Versuchsreihe erzielt, die Muster-Präferenzen als Folge differentieller Konditionierung zeigte.

Wenn auch die 5-fach-Musterwahl in allen drei Variationen (mit Formveränderung, ohne Formveränderung, mit Form- und Größenveränderung) wenigstens vorübergehend statistisch gesichert beherrscht wurde, das Lernziel also als erreicht gelten kann, so ist doch die Würdigung dieser

Leistung in ihrem Ausmaß aus folgenden Gründen nicht ganz einfach (wodurch auch die Vergleichbarkeit mit den Resultaten unserer Untersuchung geringer wird):

1. Musterwechsel wurde erst nach einer richtigen Lösung vorgenommen. Dadurch treten bei den meisten Versuchen überzufällig wenig Musterwechsel auf. Lediglich bei den letzten 181 Versuchen kehrt KOEHLER das Prinzip um und wechselt das Muster 180 mal, wechselt also jetzt überzufällig viel. ("überzufällig" bezieht sich auf die Ergebnisse, die man bei einer Zufallsfolge mit 5 Mustern erhalten würde). Aus Trainingsmittel scheint dieses Verfahren hervorragend geeignet, man muß jedoch aufpassen - wie oben dargestellt -, daß nicht " aus Versehen " bestimmte Muster erheblich häufiger vorgelegt werden.
2. Bei falschen Wahlen wurde Jakob "gescheucht". Vor allem bei den Musterwahlen wurde insgesamt sehr häufig gescheucht, worauf KOEHLER nicht glaubte verzichten zu können. Richtige Lösungen n a c h dem Scheuchen wurden bei den "positiven Wahlen" verrechnet, diese Fälle sind aber rechnerisch subtrahierbar von den " reinen " Lösungen. Allerdings ist unklar, ob diese Fälle auch in die Berechnungen der a-Folgen und b-Folgen eingehen. ("a-Folgen" sind Folgen, bei denen mehrere Aufgaben hintereinander auf Anhieb richtig gelöst wurden; bei "b-Folgen" werden neben den auf Anhieb richtig gelösten auch solche Wahlen mit verrechnet, wo der Rabe den Positivnapf an zweiter Stelle öffnete).

Insgesamt mag dadurch das Leistungsbild Jakobs ein wenig zu günstig aussehen, doch wollen die hier aufgeführten Einschränkungen und kritischen Einwände keineswegs die Ergebnisse schmälern.

Eine Tabelle mag die Leistungen bei der Musterwahl wiedergeben:

Tab.: Häufigkeiten der auf Anhieb richtigen Lösungen

Zahl d. Versuche	Versuchsart	richtig erwartet	Richtig+) gelöst	Bem. z. Signifikanz
450	A	90	118	sehr signif.
100	B	20	30	signif.
481	C	96	150	sehr signif.

Bei der Versuchsserie (A) handelt es sich um die mit "Figurhilfe". Bei (B) wurde auf "Figurenhilfe" verzichtet. Am schwersten war es in der dritten Versuchsserie (C), da hier Form, Lage und Größe der Punkte variierte.

Schwierigkeiten im Verlaufe des Lernprozesses:

1. KOEHLER mußte eine ganz erhebliche Phantasie aufwenden, um immer wieder neue attraktive Köder für Jakob beizubringen, denn darin lag die wesentliche Motivation für die Versuche. (Jakob bekam zwar so ziemlich alles geboten - Obst, Brot, Eier, Gemüse und Fleisch -, was auch ein Mensch ißt, aber nach kurzer Zeit verlor auch der feinste Leckerbissen seine Attraktivität. In solchen Fällen griff KOEHLER auf "Delikatessen" zurück, die immer beliebt blieben: z.B. Katzenfell oder Eichhörnchenschwanz).

+) Die richtigen Lösungen, die durch Scheuchen erzielt wurden, blieben unberücksichtigt.

2. Nach einer 5wöchigen Versuchs - (Zwangs-) Pause mußte KOEHLER " wieder ganz von vorn anfangen "(S. 639).
Die vorher voll beherrschte 5-fach-Musterwahl mit Figurenhilfe mußte gänzlich neu adressiert werden. Zunächst versuchte KOEHLER es auch hier ohne "Scheuchen", doch " ohne Scheuchen lernte er (Jakob. Verf.) schlechterdings nichts" (S. 639).
3. Auf Veränderungen der Umwelt, auf jegliche Art von Störreizen (z.B. fremde Person im Versuchsraum, Anblick einer Kamera, Surren der Kamera, etc.) reagierte Jakob sehr ängstlich.

Damit ist die Betrachtung der Arbeiten KOEHLERS und seiner Schüler zunächst abgeschlossen. Als nächstes wird gefragt, ob sich vielleicht hinter der so häufig gefundenen Grenze des Unterscheidungsvermögens bei 7 Elementen eine Gesetzmäßigkeit verbirgt.

III. Ausgewählte Aspekte des Zählens.

1. Die Bedeutung der Zahl "7" im Rahmen des "unbenannten Zählens".

Eine Menge, bestehend aus 6 - 8 Elementen, kann der Mensch (und einige Vögel und Säuger) noch gliedern, darüber hinaus muß er schätzen oder abzählen, will er die Anzahl der Elemente erfassen. (MILLER 1956, 1971; POSNER 1962; SANDERS 1971; FROLOW 1971).

Einer Menge aus 6 - 8 Elementen entspricht ein Informationsgehalt von 2.6 - 3 bits. Daß die Elemente unterscheidbar sein müssen, dürfte sich eigentlich von selbst verstehen, es scheint aber keine Rolle zu spielen, wie groß der Abstand der Elemente zueinander ist. (SANDERS 1971). Diese Grenze der Gliederungsfähigkeit, in Verbindung mit dem operativen Gedächtnis, sieht MILLER (1956) in der Struktur des menschlichen ZNS begründet, wobei er hinzufügt, daß es für die Arterhaltung besser sei, von vielem wenig zu wissen als von wenigem viel. Eine weitere psychologische oder gar eine neurophysiologische Begründung für diese empirisch immer wieder aufgezeigte Grenze der "Kanalkapazität" gibt MILLER nicht. Offensichtlich hat die geistige Entwicklung des Menschen im Verlauf der Evolution eine Steigerung und Erweiterung dieses Vermögens unnötig gemacht, denn diese Weiterentwicklung ermöglichte einen nicht wahrnehmungsorientierten, also abstrakten Umgang mit Mengen und Zahlen.

Die Bedeutung der Zahl "7" in kulturhistorischer Sicht wird von FROLOW (1971) umfassend beleuchtet. In zahllosen Kulturbereichen von der Steinzeit bis heute ist ihre Bedeutung nachgewiesen. Auf der Basis einer Fülle von Betrachtungen über die Bedeutung der "7" schließt FROLOW:

" Es ist durchaus möglich, daß sich diese unveränderliche psychophysiologische Spezifik auf die von der Menschheit geschaffenen Kulturgüter auswirkte und zur Kulturnorm wurde. Als eine solche Spezifik ist die für die menschliche Tätigkeit so überaus wichtige Eigenschaft wie der Grenzwert der quantitativen Möglichkeiten seiner Wahrnehmung, seines operativen Gedächtnisses und seiner einmaligen Beurteilung der Menge gleichartiger Objekte anzusehen." (S.264).

Daß der Zusammenhang zwischen Informationsgehalt und Wahrnehmung nicht unproblematisch ist, mag folgendes Experiment von GLANZER, TAUB und MURPHY (1968) verdeutlichen:

Die Autoren führten mit 104 Psychologie-Studenten im ersten Semester ein Experiment durch, wo Punktmengen erfaßt und durch bestimmte Buchstaben identifiziert werden mußten. Diese Punktmengen, weiße Punkte auf einem schwarzen Hintergrund, wurden auf eine Leinwand projiziert. Es kamen 3, 4 und 5 Punkte vor, wobei die Menge mit 4 Punkten in zwei Variationen dargeboten wurde, die zueinander komplement waren. (Die Darstellung "4" (4Punkte) unterschied sich von der Darstellung 4 c (ebenfalls 4 Punkte) lediglich dadurch, daß der erste der vier Punkte in verschiedener Lage auftrat, d.h. war der erste Punkt als "4" "oben" lokalisiert, dann war er bei "4c" dagegen "unten" lokalisiert.

2 Beispiele:



Aus der Tatsache, daß nur der erste Punkt in beiden Variationen vertauscht war, folgerten die Autoren: " This leaves all information - measures and contingencies unchanged. The two sets, however, differ greatly in their effects on performance. " (S. 58).

Man muß hinzufügen, daß bei Menge 4 die 4 Punkte so angeordnet waren, daß zu 3 irgendwie zusammengehörigen Punkten ein weiterer hinzukam (eine Aussage, die natürlich auf der Wahrnehmung des Verf. beruht), und daß bei Menge 4 C (= Complement), wo also die Lage des ersten Punktes vertauscht war, entweder die 4 Punkte " zusammengehörten" oder aber sich in zwei Untergruppen zu je 2 Punkten aufteilten. Die 5er-Gruppe schließlich bestand vorwiegend aus zusammengesetzten 3er-und 2er-Gruppen. All dies ist wichtig für die Interpretation der folgenden Ergebnisse: Die mittleren Fehlerzahlen betrugen nämlich für die

3er-Gruppe = 59.95,
4er-Gruppe = 122.45,
4Cer-Gruppe = 67.88,
5er-Gruppe = 105.85 +)

Die Untersucher schließen aus diesen Ergebnissen:

" The results indicate, therefore, that information theory fails on two counts. It predicts systematic differences in performance where there are none. There is no orderly relation between amount of redundancy and difficulty. It predicts no differences where there is a marked difference. Sets identical on all information-measures are very different in their difficulty." (S. 58/59).

+) Leider fehlt in der Arbeit eine detaillierte Angabe, wie diese Werte zustandekommen.

Besonders interessant ist der Vergleich zwischen den Leistungen der Gruppen 4 und 4 C. Bei letzterer wurden die Elemente in den Kombinationen 4 : 0 oder 2 : 2 dargestellt, was offensichtlich leichter zu erkennen war als die Kombination 3 : 1 bei Gruppe 4. Dagegen war selbst 3 : 2 leichter. In dem Informationsgehalt spiegelt sich nicht unbedingt das spezifische Funktionieren unseres Wahrnehmungssystems wider.

2. Ausführungen PIAGETs zum Zahlbegriff.

PIAGET (1965) verdanken wir eine ebenso umfassende wie tiefsinnige Untersuchung über die "Entwicklung des Zahlbegriffs beim Kinde ". Es geht PIAGET um " das Problem des Aufbaus des Zahlbegriffes im Zusammenhang mit den logischen Operationen. " (S. 10). Unter Vernachlässigung wahrnehmungspsychologischer Probleme und Erkenntnisse widmet sich PIAGET der Genese jener Operationen, die sich im Alter von etwa 4-8 Jahren vollzieht.

PIAGET kommt zu folgender Dreiteilung innerhalb der Entwicklung:

1. In der voroperatorischen Phase werden im Bereich des Simultanvergleichs lediglich rohe Quantifizierungen, Globalvergleiche vorgenommen. Beim Vergleich zweier Punktmengen bedingen anschauliche bzw. figurative Faktoren das Urteil: man stelle sich zwei Perlenreihen (bestehend aus jeweils zehn Perlen) vor, die, anschaulich völlig identisch, nebeneinanderliegen. Jetzt wird eine der beiden Perlenreihen dadurch verlängert, daß die Abstände zwischen den einzelnen Perlen vergrößert werden. Für das Kind der prä-operatorischen Phase ist damit eine völlig neue Situation geschaffen, denn es vermag noch nicht, die neue Perlenreihe mit der ursprünglichen in Verbindung zu setzen. Die längere Perlenreihe mag für das Kind entweder mehr Perlen (das Kind orientiert sich an der Länge, an der bedeckten Fläche) oder aber weniger Perlen enthalten (es hat sich an der Dichte orientiert). Die Leistung des Kolkrahen, nämlich Anzahlen bis zu sieben Elementen u n a b h ä n g i g von deren Lage, Größe und Form zu erfassen, gelingt dem Kind in dieser Phase der Mengenerfassung noch nicht.

2. In der zweiten Phase, einer Übergangsphase zur operatorischen Phase, fängt das Kind an, " sich von der Wahrnehmung zu befreien, um eine Korrespondenz mit rein intellektuell ermittelter Äquivalenz herzustellen. " (S. 76/77). Bei schwierigen Vergleichen greift das Kind wieder auf die Wahrnehmung zurück, widersprüchliche Tendenzen treten auf.
3. Den Abschluß der Entwicklung bildet die operatorische Phase. In dieser Phase wird die Korrespondenz " frei von ihren räumlichen und rezeptiven Begrenzungen. " (S. 111). Die Ganzheit wird zergliedert, strukturiert. Wenn nun beispielsweise zwanzig Perlen aus einem hohen engen Glas in ein breites niedriges geschüttet werden, dann vermag das Kind die Beziehung Höhe und Durchmesser des Glases zu erfassen. Es kann von Raum und Dichte abstrahieren, wider die Anschaulichkeit urteilen. Die Stufe der Invarianz ist erreicht.

Der Invarianz mißt PIAGET eine ganz wesentliche Bedeutung bei, denn diese Invarianz, der sogar ein " Invarianzbedürfnis " (S. 18) zugrundeliegen soll, ist Grundlage für die Unterscheidung von echten und bedeutsamen gegenüber zufälligen und scheinbaren Veränderungen in der Umwelt.

PIAGET hat sich auch mit der Bedeutung bzw. Funktion des Abzählens beschäftigt und kommt zu der interessanten Folgerung:

" Zweifellos kann das laute Zählen im Augenblick, da die Korrespondenz quantifizierend wird und so zur Entstehung von Anfängen der Äquivalenz führt, den Entwicklungsprozess beschleunigen, als solche aber führen die Zahlennamen ihn nicht herbei." (S. 87).

Das Zählen nützt erst am Ende des zweiten Stadiums. Umgekehrt bedeutet richtiges Zählen auch noch nicht, daß die operatorische Phase, das Stadium der Invarianz und Äquivalenz erreicht ist. Gerade in der zweiten (Übergangs-) Phase können solche Phänomene beobachtet werden.

In der ersten und z.T. noch in der zweiten Phase wird das Primat der Wahrnehmung deutlich, denn sowohl Größe der Menge als auch Form und Gestalt bedingen maßgeblich das Urteil des Kindes. Damit ist das "wahrnehmungszentrierte" Urteil ontogenetisch früher und - wie der Tiervergleich zeigt - auch phylogenetisch.

Die Vernachlässigung wahrnehmungspsychologischer Erkenntnisse wirkt sich auf das so überragende Werk PIAGETs dennoch nachteilig aus. So stellte RAUH (1972) zusammen, mit welchen Mengen (= Anzahl der Elemente) die einzelnen Untersucher gearbeitet haben und kommt zu der für sie verwunderlichen Aussage, daß bei 36 von 49 Untersuchungen mit Mengen von 5 - 7 Elementen gearbeitet wurde. Sie schließt: "Die Häufigkeit der Untersuchungen mit je 5 - 7 Gegenständen dürfte mit der Zählfähigkeit der Kinder zwischen 4 und 7 Jahren zusammenhängen sowie der Erwartung, daß die Kinder in diesem Alter solche Mengen aus einer größeren Menge richtig entnehmen können." (KERN, 1951)." (1972, S. 140).

Hier hat sich offensichtlich die Begrenztheit der simultanen und sukzessiven Gliederungsfähigkeit auf das Untersuchungsfeld ausgewirkt, ein im Prinzip in der Psychologie nicht neuer Tatbestand.

Zwar hat PIAGET recht, wenn er sagt, " daß das (Entwicklung des Kindes zur Logik hin. Anm. d. Ref.) keineswegs durch eine einfache Vervollkommnung der intuitiven oder perzeptiven Methoden

geschieht", doch es scheint zweifelhaft, ob die " Wahrnehmung (ist) starr und nicht umkehrbar" ist, so daß die perzeptiven Strukturen " zerbrochen " werden müssen. (S. 375)

Nun muß man aber heute annehmen, daß der Mensch (und das gilt auch für einige Vögel und Säuger) simultan nur maximal 7 Elemente gliedern, also erfassen kann. Größere Mengen müssen geschätzt werden, d.h. die Anzahlen können nicht unmittelbar erfaßt, d.h. gesehen werden.

Dies hat PIAGET bei seinen Untersuchungen nicht berücksichtigt.

So ist z.B. der globale Mengenvergleich typisch für das voroperatorische Stadium. Wenn man aber bedenkt, daß diese Versuche mit Mengen von mehr als 7 Elementen durchgeführt wurden, so kann das Ergebnis nicht sonderlich erstaunen.

In der letzten Phase, wo Invarianz und Äquivalenz erreicht sind, wurden vorwiegend Mengen mit ca. 7 Elementen vorgegeben. Aber nur dann besteht überhaupt noch eine Gliederungsfähigkeit. Hinzu kommt die Bedeutung der Anordnung der Menge, der Gestalt, also ist Stück-für-Stück-Korrespondenz zweier Mengen ganz wesentlich abhängig davon. Solange nicht zum Hilfsmittel des Zahlworts gegriffen wird, und das interessierte PIAGET bekanntlich überhaupt nicht, wird der Mengenvergleich in erster Linie durch Anzahl und Anordnung der Elemente jeder Menge bestimmt, d.h. willkürliche Veränderung der Anzahl der Elemente einer Menge ist nur dann gerechtfertigt, wenn dies durchgängig für die Untersuchungen in allen drei Phasen geschieht. Das aber ist nicht der Fall.

So entbehrt gerade in diesem Punkt das insgesamt faszinierende Werk PIAGETS besonders wahrnehmungspsychologische Faktoren.

Doch im Vergleich zum Mensch, der sich erst nach Jahren von der Wahrnehmung ein wenig zu lösen vermag, gewinnt die Leistung des Kolkraben umso grössere Bewunderung.

3. Ausführungen WERTHEIMERS zum Zahlbegriff

In Vorwegnahme moderner verhaltensbiologischer Ansätze beginnt WERTHEIMER (1923) seine Arbeit "Über das Denken der Naturvölker": "Es genügt nicht zu fragen, welche Zahlen und Operationen unserer Mathematik die Völker anderer Kulturen, insbesondere die sog. Naturvölker haben. Die Frage muß lauten: Was für Denkgebilde haben sie in diesem Gebiet? -

Welche Denkaufgaben?" (S. 107)

Im folgenden weist WERTHEIMER an ebenso vielen wie außerordentlich interessanten Beispielen nach, daß Mengenbegriffe vielmehr der realen Umwelt als einem abstrahierenden Denken entnommen sind. Ohne diesen Bezug zur Realität ist vielen Naturvölkern die Zahlen- erfassung sogar unmöglich. Nicht alles ist zählbar, nicht alles ist in der gleichen Weise zählbar.¹⁾

Das Denken ist also realitätsgebunden, wirklichkeits- nah; nicht auf die Realität bezogene Logik verliert ihren Sinn und Zweck. So können bestimmte Dinge der realen Umwelt nicht quantifiziert werden, weil es dem Denken nicht entspricht.

So stellt man immer wieder erstaunt fest, daß das "mathematische Gebäude" vieler dieser Naturvölker in sich nicht konsistent ist, in sich widerspruchsvoll ist. WERTHEIMER weist auch darauf hin, daß Abzählen nicht gleichbedeutend mit einer VORSTELLUNG des Abgezählten ist. An zahllosen Beispielen demonstriert er, wie Zahlen "in bekannte ausgezeichnete Mengen (Anzahlen)" (S. 143) gegliedert werden, z.B. $5 = 4+1$, $7 = 3+3+1$, $6 = 3+3$ usw., um eine tiefere Sinnhaftigkeit und damit

1) So wird bei einigen Intelligenz-Tests nach der übergreifenden Gesamtheit mehrerer Begriffe gefragt. Z.B. soll der Oberbegriff für "oben" und "unten" gefunden werden. Viele Testpersonen antworteten trotz der Anweisung mit "Gegensätze". Hier handelt es sich um den Durchbruch einer primären, niedrigeren Urteilungsstufe.

Realität wiederherzustellen, denn " es ist nicht so, daß alles (sinnvolle) Zählen nur in einer Hinzufügung einer 1 mehr besteht, wie der vielbenutzte LOCKESche Satz es sagt (Ess II ch. 16 § 4)". (S. 142)

Und:"Im Elementaren: es ist eine der wichtigsten Künste im Rechnen, in einen Haufen, in eine Gruppe,kleinere hineinsehen zu können ". (S. 140)

Zur Genese äußert sich WERTHEIMER:

"Genetisch ist es wahrscheinlich, daß nicht das Zählen in erster Linie, sondern natürliche Gruppen - und Haufengebilde innerhalb der in Frage kommenden wirklichen biologischen Verhältnisse entstehen; nicht Begriffe wie 1 und kontinuiertes Plus-Eins sind wahrscheinlich das Primäre, sondern die begriffsanalogen individuelleren Gebilde. Auch wohl nicht unbedingt im Sinne einer Mehrheit von Gleichem, sondern zunächst als gegliederte Ganze". (S.143)

Gerade hier wird die Verbindung biologisch- genetischer und ökologischer Gesichtspunkte deutlich, wie sie heute allenthalben gesucht wird.

Die Ergebnisse WERTHEIMERS gliedern sich in folgende Thesen, die für uns noch von Belang sein werden:

1. " Für die Zahlenerfassung sind biologische Faktoren von Belang.
2. Es gibt Nicht-in-Zahlen-Faßbares, Nicht-Zählbares.
3. Zahlen, Zahlengebilde sind "beheimatet", d.h. tragen inhaltliche oder funktionelle Bestimmungen ihres realen Bereiches: Material, Anordnung, Sinn der Operation sind für ihre Anwendung relevant; sie sind inhaltsreicher, funktionsbestimmter.

Gewisse Zahlen haben eine besonders bevorzugte Rolle durch anschauliche Einheitlichkeit resp. durch natürliche Basierung. Ebenso gewisse Teilungen durch Prädetermination einer bestimmten Gliederung der Ganzen. " (S. 154)

IV. Aspekte des Lernens

Der Darstellung des "Problems" und "Ausgewählter Aspekte des Problems" folgt nun der dritte "theoretische" Teil der Arbeit:
"Aspekte des Lernens".

Im Verlaufe der Untersuchung rückten, wie schon angedeutet, mehr und mehr lernpsychologische Probleme in den Vordergrund des Interesses. Aus diesem Grunde erscheint es angebracht, wenigstens die für die vorliegende Arbeit bedeutsamen Probleme zu erörtern.

1. Lernen und Leistung, Latentes Lernen

Beginnen wir mit einem einfachen Experiment: Ratten werden in ein Labyrinth gesetzt, an dessen Ende ein Kästchen mit einer Futterpille auf sie wartet. Letzteres weiß die Ratte zunächst nicht. Was macht sie ? - Sie " durch - wandert" das Labyrinth, mal den "richtigen" Weg benutzend, mal "Sackgassen" benutzend, doch am Ende ihrer " Erkundungsfahrt ", dem räumlichen Ende, denn nun kann sie nur noch zurückgehen, da findet sie die Futterpille. Da es zum Los der meisten Experimentierratten gehört, hungrig gemacht zu sein, frißt sie die Pille.

Widerholt man dieses Verfahren häufig genug, dann stellt man fest, daß die Ratte mehr und mehr Sackgassen vermeidet und direkt den Endpunkt des Labyrinths ansteuert, wo die Futterpille liegt. (Dem strengen Behavioristen wird aufgefallen sein, daß der letzte Nebensatz mit "wo" beginnt, nicht mit "weil").

Diese Ratte hat also gelernt, das Labyrinth fehlerlos zu durchlaufen. Ich wiederhole nun diesen Versuch mit einer anderen Ratte, nehme allerdings eine "kleine" Änderung vor, lasse nämlich das Kästchen am Ende des Labyrinths leer; es gibt also keine Futterpille für das Tier nach der "Wanderung".

Was geschieht ?

Nun, das Tier läuft natürlich auch weiterhin durch das Labyrinth (was soll es auch anderes tun), wählt allerdings nie den direkten Weg, "nimmt" immer auch da und dort ein paar Sackgassen "mit". Warum auch nicht, denn Futterpillen könnte es theoretisch ja auch da geben.

In diesem Stadium des Versuchs, wo der direkte, "richtige" Weg nicht gewählt wird, hat sie bezogen auf die Benutzung des richtigen Wegs, nicht gelernt.

Eine folgenschwere Änderung im Versuchsablauf kommt nun, denn am Ende des "langen Marsches" erwartet sie jetzt auch eine Futterpille. Es braucht nur wenige Versuche, bis auch diese Ratte fehlerlos das Labyrinth durchläuft, ja es geht viel schneller, und darauf kommt es hier an, als bei der ersten Ratte, die von Anfang an ihrer Labyrinthtätigkeit eine Futterpille am Ausgang fand.

Die zweite Ratte hat nicht nur auch gelernt, sie hat auch schneller gelernt. Warum? - Sie hat in ihrer "Labyrinth-Zeit" ohne Futterpille nämlich ebenfalls gelernt, und zwar "latent".

Dieses "latente Lernen" hat besonders die S-R-Theoretiker unter den Lernforschern erheblich verunsichert (REVENSTORFF 1966). Das Problem drehte sich um die "Verstärker", genau gesagt um deren Vorhandensein bzw. Nicht-Vorhandensein, denn ausgerechnet Futter, diesen beliebten Verstärker, hatte die Ratte ja in der ersten Versuchsphase, in der des latenten Lernens, nicht bekommen. Weitere Verstärker zu finden, wenn sie theoretisch vorhanden sein müssen, fällt nicht schwer.

Daß die Resultate derartiger Untersuchungen einige Psychologen so erstaunt haben, ist in der Tat höchst erstaunlich.

Laborratten sind depriviert. Sensorisch, denn da gibt es wenig neue Eindrücke, immer dieselben Gerüche; motorisch, denn sie haben nur wenig Bewegungsmöglichkeiten; sozial, denn Ratten sind soziale Tiere; bisweilen auch er-

nährungsmäßig; und: Welche Bedeutung das Explorieren bei der Ratte hat, ist wohl nicht erst seit EIBL-EIBESFELD (1967) bekannt.

Die Ratte wird also in eine ihr fremde Umgebung gesetzt, in ein unbekanntes Labyrinth. Sie tut nun genau das, was sie in einem " natürlichen Labyrinth " auch tun würde, tun müßte, wenn sie überleben wollte, sie erforscht ihren Lebensraum. Dieser Lebensraum muß ihr nicht nur Nahrung bieten, er muß ihr auch Schutz bieten. Kurz: Sie muß ihn kennen, und zwar ziemlich gut.

WOODWORTH (1958) schreibt dazu:

" daß es sich bei dieser Orientierung der rezeptiven und motorischen Aktivität auf die Umwelt um d i e grundlegende Tendenz des tierischen und des menschlichen Verhaltens handelt und daß sie die alles durchdringende, primäre Motivation des Verhaltens ist. "

(nach:HILGARD & BOWER 1971, S. 386)

Die Ratte exploriert also ihre neue Umgebung. Die grenzenlose Überraschung besteht nun bei einigen Theoretikern darin, daß die Ratte während dieses Erforschens lernt, daß sie zumindest Teile der Ergebnisse ihrer Erkundungstätigkeit b e h ä l t, denn das ist es ja, was ihr später das Finden des direkten Weges so erleichtert.

Man ist also letzten Endes überrascht, daß ein Tier, - ein Säugetier -, das für Lernversuche sehr gern herangezogen wird, - Gedächtnis hat; daß es die Topographie seines Lebensraumes wenigstens teilweise " im Kopf " hat.

Hätte sie das nicht, so würde sie in der Form heute nicht mehr existieren.

Ein Vogel muß, um zu überleben, nicht nur etwas zu fressen finden, er muß auch und in erster Linie seinen Lebensraum, in dem er Fressen finden kann und auch gefressen werden kann, gründlichst kennenlernen.

Führen wir uns nun noch einmal vor Augen, was unter " latentes Lernen " verstanden wird.

REVENSTORFF (1966, S. 153), Kenner der einschlägigen Literatur, bietet folgende Definition an:

" Es werden Verhaltensweisen erzeugt, oder geändert, d.h. es wird gelernt, ohne daß dieser Vorgang seines Ablaufens am Verhalten des Organismus zu beobachten ist. "

Beim latenten Lernen wird also gelernt, man merkt es eben nur nicht. Genau deswegen scheint der Begriff " latentes Lernen " unglücklich gewählt, weil es letzten Endes nur darum geht, ob Gelerntes auch sichtbar in Erscheinung tritt. Besser wäre die Unterscheidung zwischen " Lernen " und " Leistung " ("Learning" and "Performance"), wobei Leistung (Performance) Lernen voraussetzt, aber nicht alles, was gelernt ist, sich auch in Leistung ausdrücken muß.

Also:

Zeigt ein Tier nicht das vom Experimentator aufgrund seiner Versuchsanordnung erwartete Verhalten, so bedeutet das nicht, daß das Tier dieses Verhalten auch nicht gelernt hat. Dazu ein Beispiel:

NEUMANN und KLOPPER (1969), deren experimentelle Begabung in unserem Vorwort gewürdigt wurde, untersuchten den Zusammenhang zwischen Käfiggröße und Leistung in einer einfachen Diskriminierungsaufgabe bei Kanarienvögeln.

Das Resultat:

" A positive Correlation was found between the stability of learned discrimination and increased cage size in canaries. In the smaller cages, the canaries failed to achieve criterion for a simple discrimination problem, while in a cage four times as large, the same canaries immediately achieved a criterion level performance. "

(S. 137)

SUTHERLAND (1957, 1960, 1961), der sich mit der Wahrnehmung beim Oktopus beschäftigte, mußte feststellen, daß die Leistung bei einer Diskriminierungsaufgabe abhängig war von Zusammensetzung und Temperatur des Seewassers. Derartige Beispiele ließen sich fortsetzen.

Ratten oder Kolkkraben lernen. Bei jedem Versuch lernen sie etwas. Ob sie nun gerade das lernen, was sie nach Meinung eines klugen Psychologen eigentlich lernen müßten, das ist eine zweite Frage. Eine weitere Frage wäre, wenn sie etwas wirklich nicht gelernt haben, warum haben sie es dann nicht gelernt. Und hier sind verhaltensbiologische Kenntnisse notwendig, wie GROßMANN (1968) sehr plastisch dargestellt hat:

Aus der Fülle der Beispiele sei eins herausgegriffen:

In einem Versuch SKINNERscher Prägung werden Hebel und Futterspender voneinander getrennt. Für das Kaninchen ist das kein Problem, es rennt in etwa der gleichen Zeit immer hin und her, vom Hebel zum Futter und zurück, wieder zum Hebel usw. Die Katze aber, die sich als Jäger nur sehr schwer von ihrer Beute trennen kann, lauert am Futterspender, löst sich dann langsam und "unwillig"; wenn sie dann aber schließlich den Hebel erreicht und bedient hat, rast sie in Windeseile wieder zum Futterspender hin.

Bevor man mit Tieren experimentiert, sollte man sie kennen, sollte man etwas wissen von ihren stammesgeschichtlichen Anpassungen. Man sollte u.a. auch über ihr Sozialverhalten Bescheid wissen, wie es ein Versuch von LOGAN (1972), in Anlehnung an frühere Versuche von ULRICH und ARZIN (1962), deutlich macht:

Ratten lernten, ein Laufrad zu bedienen, um einen Schock zu vermeiden. Sie lernten diese Aufgabe, wie üblich, allein. Dann wurden zwei einander fremde Ratten, die beide gelernt hatten, dem Schock durch Betätigung des Laufrades zu entgehen, zusammen in die Versuchsanordnung gesetzt.

An dieser Stelle möge der geneigte Leser, soweit er das Experiment noch nicht kennt, einen Moment innehalten und überlegen, was die beiden Ratten wohl machen.

Werden sie sich streiten, um beide das Laufrad zu bedienen ? Werden sie sich abwechseln ? Werden sie nichts tun ? Die "LÖSUNG" ist in der Tat nicht ganz einfach:

Von zwei Ratten stellt sich eine als die Überlegene, Dominante, die andere als die Unterlegene, Submissive heraus. Das dominante, ranghöhere Tier versucht nicht, dem Schock durch Betätigung des Laufrades zu entgehen, und, wenn der Schock kommt, versucht es nicht, ihn "abzustellen"; vielmehr versucht es, das rangniedrigere Tier, das seinerseits bemüht ist, den Schock zu vermeiden bzw. " abzustellen ", an dieser Tätigkeit zu hindern. Gelingt es schließlich dem rangniedrigeren Tier, den Schock abzuschalten, dann kann es passieren, daß es von dem dominanten Tier gebissen wird.

Dies als Beispiel dafür, daß " einzeln " gelerntes Verhalten im sozialen Kontext völlig anders in Erscheinung treten kann.

Es geht also nicht darum, ob Lernen auch gezeigt wird (Learning and Performance, Lernen und Leistung), sondern es ist auch zu berücksichtigen, daß das in der Situation A gelernte Verhalten in der Situation B sich ganz anders ausdrücken kann.

Übrigens:

Im Bereich der Verhaltenstherapie, wo die Unterscheidung zwischen Lernen und Leistung durchaus von großer Bedeutung ist, spricht man auch häufig dann davon, der Patient habe ein bestimmtes Verhalten nicht gelernt, wenn dieser Patient es durchaus gelernt hat, wenn er die Fähigkeit hat es zu tun, aber aufgrund irgendwelcher Ängste oder Hemmungen das Verhalten nicht z e i g t.

Worauf kommt es beim Lernen an, fragte sich LOGAN (1972), als er (mit SHIFFRIN, 1965) folgendes Experiment durchführte:

Sieben optischen Reizen waren die Nummern 1-7 zugeordnet. Nach Darbietung der Reize mußten Vpn diese Nummern vor Erscheinen der Lösung antizipieren, bis sie es fehlerlos konnten. Eine Gruppe mußte 0.75 Sekunden nach der Reizdarbietung urteilen, die andere Gruppe erst 2.25 Sekunden danach.

Nach dieser Trainingsphase sollten von beiden Gruppen innerhalb von zwei Minuten so viele Reizdarbietungen wie möglich richtig identifiziert werden, wobei unmittelbar nach einer Lösung der nächste Reiz geboten wurde.

Die erste Gruppe löste signifikant mehr Reizdarbietungen, war also schneller. Bei einer neuen Aufgabe lernte diese (bei der ersten Aufgabe " schnell Trainierten) Gruppe wieder langsam: im anschließenden Test war sie ebenfalls langsam, d.h. " positiver bezüglich der Lösungsschnelligkeit bei verschiedenen Aufgaben konnten die Autoren nicht beobachten.

Ergebnis des Versuchs: " These results indicate that not only people learn to respond at particular speeds, but they also learn to learn at particular speeds. " (S. 1057)

Zwei wichtige Schlüsse zieht LOGAN aus seinen Experimenten:

1. " People learn what they practice the way they practice it. "
2. " Reward does not affect learning directly. "

Zur Bedeutung von " reward " innerhalb des Lernprozesses kommen wir später noch einmal ausführlich, hier ist es nur im Zusammenhang zu der ersten Behauptung von LOGAN zu sehen. LOGAN vertritt also die Meinung, daß es zunächst darauf ankommt, daß eine bestimmte Handlung **a u s g e f ü h r t** wird. Belohnung oder Bestrafung sind primär unwichtig, denn sie beeinflussen die Ausübung der Handlung " in a motivational manner " (S. 1057). Für das Lernen einer Handlung " it is only necessary to insure that, for a period of time, the desired behaviour occurs in the desired place." (S. 1057) Daß eine Taube Ping-Pong-Spielen lernt (SKINNER, 1962), bedarf der Übung. Daß die überhaupt übt, bedarf des Verstärkers. Der Autor spricht lediglich von der Ausführung einer Handlung, unterscheidet aber nicht zwischen einer möglichen gedanklichen Ausführung und einer "realen", deshalb mögen diesbezügliche kritische Einwände erst einmal zurückgestellt sein.

Bricht man im Tierversuch bei Diskriminationsaufgaben schon vor Erreichen des Lernkriteriums ab, so kann dies zu einer Aufmerksamkeitssteigerung bei folgenden Aufgaben führen. Häufiger angewendet bedingt dieses System zumindest bei

höheren Tieren schnelleres Lernen, man spricht auch von Lern-"Strategien" und " learning sets" (HARLOW).

Der Aspekt der Ausführung ist in einem Lernbereich außerordentlich wichtig, dem sich unter den " klassischen " Lerntheoretikern außer GUTHRIE (1935, 1952) niemand intensiver widmete: Im Bereich des sensumotorischen Lernens. (ULICH 1964; VOLPERT 1971, UNGERER 1971). Bei keinem der letztgenannten Autoren, und es sind mit diesen nur einige Forscher auf diesem Gebiet genannt, spielen übrigens Begriffe wie " Belohnung " oder " Verstärkung " eine Rolle. Während biologisch relevante Bewegungsformen in einer Verschränkung von Lern - und Reifungsprozeß allmählich beherrscht werden, muß eine biologisch so unwichtige Bewegung wie ein zweieinhalbfacher Salto vorwärts mit ganzer Schraube mühsam über Jahre der Übung erlernt werden. Beim Bewegungslernen nimmt also die Ausführung eine ganz bedeutende Stellung ein. Man nimmt an, daß sich im Übungsprozeß neu-rale Muster bilden, zentral-nervöse Abbilder des Bewegungsablaufes, die wiederum ermöglichen, die gelernte Bewegung halbwegs konstant auszuführen, wobei die Bewegungskonstanz mit dem Schwierigkeitsgrad des Sprungs zusammenhängt.

Im Anschluß an ECCLES (1970) formuliert ANGERMEIER (1972): " Je häufiger also eine bestimmte Handlung vollzogen wird, desto stärker werden die synaptischen Bahnen "eingefahren" und desto leichter scheint es zu sein, diese Handlung auch in Zukunft auszuführen. (S. 8) Die Problematik dieser Aussage mag hier unerörtert bleiben.

Somit verlangt der Übungsprozeß eines so komplizierten Sprungs zunächst Information über die auszuführende Bewegung, er verlangt Weiterentwicklung durch ständiges Üben in Verbindung mit Informationen, Korrekturen, Verbesserungen, Bewegungsanweisungen etc.

Hier ist nicht der Ort, um sensumotorisches Lernen zu diskutieren; das Beispiel sollte lediglich zeigen, daß zumindest in dem Bereich, wo neue Bewegungsabläufe gelernt werden müssen, fast ausschließlich informatorische Aspekte der Verstärkung eine Rolle spielen, denn das Ausüben der Bewegung ist vorrangig. Zweifellos verlangt ein längerer Übungsprozeß Engagement und Motivation, doch würde ich in diesem Zusammenhang lieber von Ermutigung sprechen. Wir haben das "latente Lernen" unter dem Aspekt von Lernen und Leistung betrachtet und die Bedeutung der Ausführung beim Erlernen einer Handlung betrachtet. Wir wenden uns jetzt der Problematik der "Verstärkung" zu:

2. Verstärkung

In Anlehnung an ESTES (1969, 1972), faßt ANGERMEIER (1973) die Diskussion um " Verstärkung und Information " wie folgt zusammen:

" Es ist also als erwiesen anzusehen, daß Verstärkung Reaktionen nicht direkt, sondern indirekt via einen Informationsvorgang beeinflußt." Zwei Aspekte sind nach ESTES in diesem Zusammenhang zu beachten. Einmal hängt es von der Methodik ab, ob z.B. Prozesse der Informationsaufnahme überhaupt beobachtet werden können. Bestimmte Experimente mit der SKINNER-BOX geben dazu wohl kaum Gelegenheit. Zum zweiten darf nicht vergessen werden, daß sich der Mensch in Bezug auf Informationsaufnahme und -verarbeitung doch ganz wesentlich vom Tier unterscheiden dürfte.

MILLER und EGGER (1963) fragten sich, " wann ist eine Belohnung verstärkend ? " und führten dazu folgendes Experiment durch:

In einer SKINNER-BOX, wo der Hebel entfernt war, lernten 4 Gruppen von Ratten nach einem unterschiedlichen System:

Gruppe 1 bekam eine Futterpille, 2 Sekunden danach 3 weitere Futterpillen. Dazwischen wurde ein akustischer o. optischer Reiz geboten. Dieser Reiz ist redundant.-
Weitere Futterpillen gab es nicht.

Gruppe 2 wurde wie üblich konditioniert, d.h. im Anschluß an den optischen oder akustischen Reiz wurden 3 Futterpillen gegeben. Außerdem wurde noch zwischenzeitlich in unregelmäßigen Abständen eine weitere einzelne Pille gegeben.

Hier ist der Reiz nicht redundant, weil er die einzige zuverlässige Anzeige für das Erscheinen des Futter ist.

Gruppe 3, die "informative Gruppe", bekam entweder "einzelne Pille-Reiz (je nach Gruppe optisch oder akustisch) - 3 Pillen" oder aber "einzelne Pille ". Der Reiz ist also informativ.

Gruppe 4 wurde einer "Pseudokonditionierung" unterzogen: sie bekam in zufälliger Reihenfolge und zusammenhangslos sei`s eine Pille, sei`s 3 Pillen oder sei`s einen Reiz.

Im Anschluß an dieses Training wurde der Hebel wieder in die Box eingebaut, die Tiere lernten die Bedienung des Hebels (fixed ratio, 1:1). Daraufhin wurde der Futterspender vom Hebel getrennt, also i.S. der Konditionierungstheorie "gelöscht". Erst jetzt wurde jeweils nach dreimaliger Hebelbedienung der vorher gelernte Reiz geboten.

"Thus the measure of secondary reinforcement is re-learning after extinction, and is shown by the amount of bar pressing for the stimulus ". (S. 134)

Pro Zeiteinheit drückte (Gruppenmittelwerte)

Gruppe 1 (redundant)	= 162 mal,
Gruppe 2 (simple conditioning)	= 218 mal,
Gruppe 3 (informative)	= 212 mal,
Gruppe 4 (pseudo-conditioning)	= 137 mal.

Die Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen sind sämtlich signifikant.

EGGER und MILLER schließen daraus, " that reinforcement occurs primarily at the point at which new information is delivered " und " that a n y cue acquires reinforcing properties only when it provides information about the arrival of a primary need ". (S. 132)

Die Ausdifferenzierung "motivationaler" und "informativischer" Aspekte der "Verstärkung" wird vor allem beim Aufbau von bisher nicht gezeigtem Verhalten nutzbringend. Im Rahmen der Verhaltensformung wurde und wird eine Fülle verschiedener angestrebter Verhaltensweisen durch die Methode der "sukzessiven Annäherung durch Shaping" erreicht. Ganz gleich aber, ob bezüglich des angestrebten Endverhaltens ein "Nicht-Wissen" oder motorisches Defizit vorliegt, ob Hemmungsabbau oder Hemmungsaufbau notwendig ist, immer wurde ganz allgemein von "Verstärkung" geredet, die, differentiell angewendet, die Verhaltensformung ausmacht. Einen weiteren Fortschritt in der Diskussion um die "Verstärkung" stellt der Beitrag von CLAYTON (1969) dar. CLAYTON plädiert für eine Trennung der Begriffe "reward" und "reinforcement". Unter "reward" versteht er jede Auswirkung auf irgendeine Aktion, "anything given for something done" (S. 97). Dennoch existiert "reward" unabhängig vom motivationalen Zustand des Tieres. "Reinforcement" dagegen wird grundsätzlich abgeleitet, d.h. wenn ein Tier etwas gelernt hat, dann hat logischerweise auch "reinforcement" stattgefunden. Es tritt also entweder auf oder nicht.

Die bei ESTES vorgenommene inhaltliche Differenzierung in "motivationale" und "informativische" Aspekte der Verstärkung könnte bei CLAYTON auf "reward" übertragen werden, denn sein Hauptproblem stellt sich so dar:

"How does this particular aspect of reward affect the probability that reinforcement will occur?" (S. 98)

Die Futterpille für die Ratte kann also eine Verstärkung sein, muß es aber nicht. Sowohl die

Erweiterungen ESTES`als auch die CLAYTONs sind sinnvoll insofern, als sie die Einordnung den Verstärker-Theorien widersprüchlicher Ergebnisse ermöglichen. Andererseits sieht man sich dann vor die Frage gestellt, ob es eigentlich sinnvoll ist, den Begriff der "Verstärkung" beizubehalten, wenn er, wie bei CLAYTON, identisch ist mit (offenem) Verhalten, das vorher gar nicht oder wenig gezeigt worden ist. Die kritische Diskussion über "Verstärker-Begriff" ist vor allem bei der Erörterung von Lernprozessen höherer Tiere und erst recht natürlich auch denen des Menschen von Wichtigkeit, weil hier der Lernvorgang zu komplex ist, als daß ein einziges "Zauberwort" alle dabei auftretenden Phänomene erklären kann.

3. Unterscheidungslernen

Beim Unterscheidungslernen (Diskriminations--lernen) ist eine ebenso einfache wie elementare Frage, was eigentlich passiert, wenn ich einen Kreis als Kreis erkenne, was geschieht, wenn ich einen Kreis als Kreis wiedererkenne usw. Es gibt eine Reihe von Möglichkeiten, um solchen oder ähnlichen Problemen auf die Spur zu kommen.

Eine seit den bahnbrechenden Arbeiten von HUBEL u. WIESEL (1962, 1965, 1968) häufig verwandte Methode besteht darin, mit feinsten Elektroden die Aktivität einzelner Neurone zu erfassen. Bei Versuchen dieser Art kann man sich einer gewissen Faszination nicht erwehren. Nun, man hat eine ganze Reihe von außerordentlich interessanten Ergebnissen berichtet, z.B. die Entdeckung der Richtungsdetektoren in der Sehphäre der Katze, doch für den Psychologen ist diese Sisyphus-Arbeit nur von begrenztem Interesse insofern, als er andere Methodiken bevorzugt. Denn aus rein neurophysiologischer Sicht sei hinzugefügt, daß einzelne Zellaktivitäten natürlich nichts über das funktionale Zueinander und Miteinander aussagen, während der Psychologe z.B. gerne wissen würde, wie ein Bild erzeugt wird. Doch wer wollte im derzeitigen Stadium die Bedeutung dieser Forschung endgültig beurteilen, zumal weitere interessante Ergebnisse berichtet werden:

GANZ, FITCH u. SATTERBERG (1968) haben die bei HUBEL und WIESEL gefundenen Aktivitäten bestimmter Zellen auf bestimmte Reize nicht gefunden bei Katzen ohne visuelle Erfahrung. GANZ und FITCH (1968) zogen eine Katze von Geburt an einäugig auf. Später lernte dieses Tier eine

Diskriminationsaufgaben mit dem " erfahrenen " Auge in 100 Versuchen, mit dem " unerfahrenen " aber erst in 2000 Versuchen. In ähnliche Richtung weisen die Arbeiten von BLAKEMORE (1970) und von HIRSCH und SPINELLE (1970). Weitere interessante Resultate werden wohl nicht ausbleiben.

Eine weitere Möglichkeit, Vorgänge im Gehirn zu erfassen, besteht in der Reizung bestimmter Neuronenverbände (Einzelreizung ist z.Zt. wohl noch nicht möglich). Als Beispiel für die Bedeutsamkeit derartiger Untersuchungen mögen hier nur die Arbeiten von HESS (1954) und von v.HOLST (1957) dienen.

Die Mehrzahl der Psychologen aber nähert sich dem Problem von einer noch anderen Seite, indem sie nämlich von dem ausgehen, was man sieht, wie man es sieht usw. Im Bereich des Diskriminationslernens wurde u.a. untersucht,

- ob horizontale Gebilde besser erkannt werden als vertikale (SUTHERLAND, 1961, APPELLE 1972);
- ob Katzen leichter "Kreuz" von "Kreis" unterscheiden können als "Dreiecke" von "Vierecken" (DERSZINSKI u. WARREN 1969);
- ob Figuren besser voneinander diskriminiert werden können, wenn sie sich in mehr als 2 oder 3 Dimensionen unterscheiden (STONE 1961);
- ob Form oder Farbe besser unterschieden werden können (BERNSTEIN 1961);
- ob Punktfiguren besser erkennbar sind als Strichfiguren (TOWE 1954);
- ob bei einer Mehrfachwahlaufgabe nur der positive oder nur der negative oder beide Stimuli gelernt werden (MANDLER 1973);
- ob eher relativ oder absolut gelernt wird (KÖHLER, 1918);

- ob Fische und Affen Figuren lageinvariant erfassen (PRASDNIKOWA in KLIX 1971);
- ob Neugeborene Figuren diskriminieren können, beim Affen (ZIMMERMANN 1961, 1972), oder beim Menschen (HERSHENSON 1964; SALAPATEK 1968).

Die Darstellung der theoretischen Einordnung dieser Untersuchungen, soweit sie von den betreffenden Autoren versucht wird, würde uns zu weit abbringen; stellen wir stattdessen ein wesentliches Problem gebräuchlicher Diskriminationsexperimente heraus:

Ein Tier hat gelernt, Figur A von Figur B zu unterscheiden. Figur A sei die "positive". Jetzt wird A in Größe, Form, Lage, Struktur etc. verändert und mit ebenso veränderten Figuren von B dargeboten. Oder das veränderte A wird mit neuen Figuren kombiniert. Es gibt da mehrere Verfahren. Insgesamt aber hofft man Aussagen darüber machen zu können, welche Figuren für ein Tier äquivalent sind, in welcher Form das Wahrgenommene generalisiert wird, ob die Figur absolut oder eher relativ aufgenommen wird, ob die Figur als Ganzes oder nur Teile davon beachtet werden.

Zunächst muß man sich vor Augen halten, daß in der Aussage, zwei Figuren seien für das Tier ähnlich, unserer eigener Ähnlichkeitsbegriff impliziert wird. Das mag banal klingen, vielleicht auch überflüssig, aber kein Experimentator ist bis heute auf die Idee gekommen, zu behaupten, ein Tier habe deshalb nicht einen Kreis von einem Kreuz unterscheiden können, weil diese Figuren für das Tier wahrscheinlich sehr ähnlich gewesen seien. Bei der Unterscheidung zwischen Quadrat und Rechteck nehmen wir aber "Irrtümer" eben wegen

der Ähnlichkeit als selbstverständlich und natürlich an. So weit zur Ähnlichkeit, mit der wir uns später noch zu beschäftigen haben. Selbst wenn man im Anschluß an ein Diskriminationsexperiment sehr umfangreiche Kontrollversuche macht, weiß man doch letzten Endes nicht genau, worauf die richtigen oder falschen Urteile gründen.

Einiges wurde schon vorhin angedeutet. Hat das Tier nur den positiven Stimulus beachtet oder nur den negativen; oder hat es gar beide beachtet; vielleicht hat es auch nur bestimmte Relationen der beiden Figuren erfaßt; oder nur Relationen von Teilen der Figuren; eine Klärung ist, wenn überhaupt, nur annähernd möglich. Vorsicht bei der Interpretation ist hier wirklich oberstes Gebot. Wenn nun - die Trainingsfiguren seien Kreis und Kreuz - auch auf "Kreissegment" und "geraden Strich" noch richtig geurteilt wird, so wird man aus diesen so interessanten Ergebnissen doch schwerlich ableiten können, welche Wahrnehmungsprozesse einem derartigen Abstraktions - und Generalisationsprozeß zugrundeliegen.

Diesbezügliche Experimente mögen damit in keiner Weise irgendwie in Frage gestellt werden, es gilt hier lediglich, auf die Schwierigkeiten bei der Interpretation hinzuweisen.

Daß Tiere eine Diskriminationsaufgabe schrittweise lernen müssen, kann zwei Gründe haben. Einmal brauchen sie recht lange, bis sie verstehen, was der Experimentator will, worauf es also bei der entsprechenden Aufgabe ankommt. Man kann es ihnen ja nicht sagen. Zum zweiten können die Schwierigkeiten darin bestehen, daß das Tier die Aufgabe wohl versteht, aber nicht beherrscht, also üben muß, bis sie beherrscht wird.

4. " Analysatoren - Hypothesen - Strategien "

Nehmen wir an, und das ist doch sehr realistisch, das Tier weiß nicht, was es machen soll, weiß nicht, worin die Aufgabe besteht.

Wie fängt es an ?

Nach SUTHERLAND und MACKINTOSH (1971), die besonders Wahrnehmungsaspekte innerhalb des Lernens berücksichtigt wissen wollen, geht das Tier mit mehreren Analysatoren an die Aufgabe. Es kann die Unterschiede ja z.B. in der Lage, Form, Größe, Farbe, Position usw. vermuten, doch im Verlauf des Lernprozesses werden bestimmte Analysatoren bevorzugt eingesetzt:

" An analyzer is strengthened when its outputs consistently make correct predictions about further events (e.g. trial outcomes) of importance to the animal; when an analyzer is strengthened, the total strength of other analyzers is weakened by the same amount. " (S. 39)

Bei einem systematischen Einsatz von Analysatoren kann man natürlich auch von Strategien reden (RESTLE 1962). Danach würde das Tier eine Unterscheidungsaufgabe zunächst nach Formunterschieden prüfen, verifizieren oder falsifizieren, dann vielleicht nach Farbe usw., bis die Lösung gefunden ist, was allerdings nicht bedeuten muß, daß von nun an alle Wahlen richtig sein müssen.

Es ist nämlich durchaus möglich, daß ein Tier nach Analysator A wählt, jedoch nicht nach diesem lernt.

Die Wahrscheinlichkeiten des Einsatzes verschiedener Analysatoren sind nicht gleich groß (LOVEJOY 1966).

Der Analysator, der die größte Wahrscheinlichkeit besitzt, zu Beginn eines Lernprozesses eingesetzt zu werden, dürfte der " Positions-Analysator " sein:

" The initial response of a subject to a new learning situation are not purely random in nature or sequence; instead, they appear in systematic orders and patterns. Prominent along them are the stimulus preferences and position habits." (SUTHERLAND & MACKINTOSH 1971, S. 178).

Drei Dinge werden hier betont:

1. Das Tier wählt nicht zufällig,
2. bestimmte Reize werden (zumindest zu Beginn) bevorzugt,
3. bestimmte Positionen werden (zumindest zu Beginn) bevorzugt.

Aus (1) folgt (2) und/oder (3); (2) und/oder (3) implizieren (1).

Bei der Diskussion unserer Ergebnisse werden wir auf diese Aspekte zurückgreifen müssen. Es sei noch einmal betont: Derartige Präferenzen für bestimmte Positionen oder bestimmte Stimuli schließen nicht aus, daß das Lernkriterium, das in keinem direkten Zusammenhang zu den bevorzugten Positionen und Stimuli stehen muß, trotzdem teilweise erfüllt wird. Die Kontrolle einer Reaktion durch einen Reiz X schließt ferner nicht aus, daß während dieser Reaktion etwas über den Reiz Y gelernt wird. Soweit zu den Analysatoren. Ein Modell, das dem von SUTHERLAND und MACKINTOSH im Grunde genommen geistig nahesteht, aber nie ernsthaft auf seine Brauchbarkeit für tier - psychologische Fragestellungen untersucht worden ist, stammt von MILLER, GALANTER und PRIBRAM (1960) und wird kurz das "TOTE"- Modell genannt. HERRMANN (1964) charakterisiert das TOTE-Prinzip so:

- (1) Außenwelteinfluß (input) wird mit dem Systemzustand verglichen ("Test"),
- (2a) bei Kongruenz erfolgt eine unmittelbare Reaktion (output),
- (2b) bei Inkongruenz wird der Zustand des Systems durch Korrekturoperationen ("Veränderung des Plans ") modifiziert,
- (3) ein neuer "Test" stellt die Kongruenz von Außenwelteinfluß und (neuem) Systemzustand fest,
- (4) darauf erfolgt die Reaktion (output).

Noch deutlicher wird die Verwandtschaft dieses Modells mit dem von SUTHERLAND und MACKINTOSH in der Bemerkung:

" In its weakest form, the TOTE asserts simply that the operations an organism performs are constantly guided by the outcomes of various tests." (MILLER et. al., S. 29).

Den Unterschied zwischen dem TOTE-Modell und Verstärker-Theorien sehen die Autoren wie folgt:

- (1) a reinforcing feedback must strengthen something, whereas feedback in a TOTE is for the purpose of comparison and testing;
- (2) a reinforcing feedback is considered to be a stimulus (e.g. pellet of food), whereas feedback in a TOTE may be a stimulus, or information (e.g. knowledge of results), or control (e.g. instructions); and
- (3) a reinforcing feedback is frequently considered to be valuable, or "drive reducing " to the organism, whereas feedback in a TOTE has no such value ".(S. 30).

Im Zusammenhang mit Positionsvorlieben sagten wir, daß Tiere nicht zufällig wählen. Rein

theoretisch könnte man sich natürlich vorstellen, das Tier würde rein zufällig seine Wahl treffen, doch Beobachtungen bei Tierexperimenten weisen eher in eine andere Richtung. Natürlich sind Aussagen zu diesem Problem erst dann - und nur dann - möglich, wenn die Versuchsanordnung eine Überprüfung dieser Hypothese zuläßt.

KRECHEVSKY (1932) ließ Ratten durch ein Labyrinth laufen, bei dem in zufälliger Folge einmal diese, oder einmal jene Gänge blockiert waren, es gab also kein System, nach dem man hätte lernen können. Auf der Basis dieser maximalen Unsicherheit legten sich die einzelnen Ratten ganz verschiedene Systeme zurecht, die eine wechselte von rechts nach links, eine weitere bevorzugte die Abfolge links-links-rechts-rechts usw.

Absolut zufällig kann man wohl nicht handeln, auch das Tier nicht. In vielen Fällen kann man es nachweisen, in manchen auch nur vermuten. Ebenfalls interessant in dieser Beziehung sind Experimente zum Wahrscheinlichkeitslernen:

Im Zweifachwahlexperiment ist z.B. ein Stimulus in 70% der Fälle positiv, ein zweiter Stimulus in 30% der Fälle. Zweierlei Reaktionstypen wurden beobachtet (WARREN u. BECK 1966), einmal stereotype Bevorzugung des am häufigsten positiven Stimulus (hier also der mit 70%iger Wahrscheinlichkeit = "Maximizing"), zum anderen Verteilung aller Wahlen auf die beiden Stimuli entsprechend ihrer Belohnungswahrscheinlichkeit (= matching). Im Tierversuch ist beides nachgewiesen, erstere Reaktion scheint aber häufiger zu sein.

Nach KRINCIK (1968) bildet sich ein subjektives Wahrscheinlichkeitsmodell: " Das subjektive Wahrscheinlichkeitsmodell ist das subjektive Abbild der Wahrscheinlichkeitsstruktur, die in der Häufigkeitsverteilung der Signale enthalten ist."

Interessant ist nun, wie das Tier beim "matching", Möglichkeit Nr. 2, vorgeht. In vielen Fällen läßt sich auch hier das systematische Vorgehen nachweisen, aber nicht immer. Daß man es nicht nachweisen kann, also als "random matching" bezeichnet, liegt eigentlich daran, daß der menschliche Beobachter das Gegenteil zu erfassen nicht in der Lage ist. Zunächst einmal sollte man annehmen, daß ein Tier nicht zufällig wählt, weil es biologisch wahrscheinlicher ist. Ein Lernphänomen, bei dem gerade das SUCHEN nach Information angenommen wird, ist das sog. VTE-Lernen (Vicarious Trial and Error), das sich bisweilen so darstellt:

An einer Abzweigung in einem Labyrinth befindet sich eine Ratte. Sie ist motorisch unruhig, guckt herum, macht Intentions - und Orientierungsbewegungen. Schließlich geht sie weiter. Dieses Verhalten, VTE-Verhalten, tritt bevorzugt in einer mittleren Phase des Lernverlaufes auf, wenn das Tier schon einige Erfahrungen gesammelt hat. Dem Auftreten dieses Verhaltens folgt dann oft ein ziemlicher Anstieg in der Lernleistung. (VTE-Verhalten kann allerdings auch dann auftreten, wenn die Aufgabe schon hinreichend beherrscht wird, und zwar dann, wenn plötzlich wieder ein Fehler aufgetreten ist, das Tier also "verunsichert" ist.

Dazu KLIX (1971):

" Einem Zustand erhöhter Unsicherheit während der Entscheidungsbildung ist eine gesteigerte innere Erregung zugeordnet. Wie aus neurophysiologischen Untersuchungen bekannt wurde (MORELL 1961, ADEY 1961), sind dies zugleich sensible Perioden für die Fixierung von Gedächtnisbesitz. Auf diese Weise werden verhaltensrelevante Situationsdetails besser behalten, als vergleichsweise neutrale." (S. 386)

5. Erster Exkurs: "Motorisches Zählen"

Den folgenden Bemerkungen liegen Beobachtungen v. Verf. beim Hochsprungtraining Zwölfjähriger zugrunde. Im Rahmen eines solchen Trainings wird der Anlauf in mehreren Phasen geübt, zunächst Anlauf mit 3 Schritten, dann mit 5 Schritten usw. Fast alle Kinder, über 15 an der Zahl und erfahren in sportlichen Bewegungsabläufen, hatten erhebliche Schwierigkeiten mit dem 3-Schritt - und 5-Schritt-Anlauf; sie zählten laut oder leise, liefen unsicher, guckten auf die Füße. Während dieses Trainings waren sie völlig unfähig, auf andere Dinge zu achten, z.B. beide Arme hochführen usw. Mehrere Trainingsstunden lang mußte intensiv geübt werden. Ablaufmarken und Zwischenmarken wurden wie üblich als Hilfsmittel eingesetzt. Bedenkt man ferner, daß auch die mehr oder weniger konstante Schrittlänge bei halbwegs konstanter Geschwindigkeit eine enorme Erleichterung bedingt, dann wird vielleicht deutlich, wie schwer es offensichtlich im motorischen Bereich ist, sukzessiv ablaufende Einzelbewegungen in ihrer Quantität zu erfassen. Demnach scheint es sehr schwierig zu sein, außer dem Inhalt eines motorischen Aktes auch dessen Frequenz erfassen zu können. Eine Menge weiterer Hypothesen sind möglich, doch würde dies den Rahmen der Arbeit sprengen. Immerhin mag es biologisch sinnvoll erscheinen, wenn ein Lebewesen kleinere Mengen simultan wie sukzessiv wahrnehmen kann. Ein biologischer Luxus wäre es aber, wenn ein Mensch wüßte, wieviel Schritte er gemacht hat, wenn ein Kolkrabe wüßte, wieviele Flügelschläge er beim Auffliegen macht.

Die differenzierte Wahrnehmung optischer bzw. akustischer Reize ist notwendig zur Auseinandersetzung mit der Umwelt, ist wichtig, zum zu überleben. Eine sehr differenzierte Wahrnehmung des eigenen Körpergeschehens ist dem gegenüber biologisch eher zweitrangig. Im sportlichen Übungsprozeß wird dies deutlich, denn vor allem bei "bewegungszentrierten Sportarten" (das sind Sportarten, bei denen nicht Zeit, Höhe oder Weite gemessen werden, sondern der Bewegungsablauf "an sich" beurteilt wird, z.B. Turnen, Wasserspringen), vergehen Jahre intensiven Trainings, bis der Sportler das für eine Höchstleistung notwendige Körper - bzw. Bewegungsgefühl erworben hat, also die propriozeptive Wahrnehmung entsprechend verfeinert hat.

Zweiter Exkurs: "Entdecken eines gesetz-
mäßigen Zusammenhangs"

- Praktikumsversuch 1966 -
zum Lernen und Denken

Bei dem Experiment "Entdecken eines gesetz-mäßigen Zusammenhangs", besteht die Aufgabe für die Vp darin, innerhalb einer Zahlenreihe den gesetzmäßigen Zusammenhang einiger oder aller Zahlen herauszufinden, um auf der Basis eines allgemeinen Prinzips die richtige Lösung - ebenfalls eine bestimmte Zahl innerhalb der Zahlenreihe - bei weiteren Zahlenreihen sofort und exakt bestimmen zu können.

Dazu werden 12 Kärtchen mit den Ziffern 1 - 12 benötigt. Einige dieser Kärtchen werden der Vp hingeschoben mit der Bemerkung, daß eine der vorliegenden Zahlen die Lösungszahl ist, die sich aus der gesetzmäßigen Beziehung zu einigen oder allen Zahlen dieser Reihe ableiten läßt. Natürlich darf die Vp die richtige Zahl raten, aber die Aufgabe gilt erst dann als gelöst, wenn das Lösungsprinzip herausgefunden und verifiziert worden ist. Lediglich beim Raten der korrekten Zahl antwortet der V1 mit "richtig" oder "falsch". Das zu entdeckende Prinzip wird in unterschiedlichen Reihen dargeboten (zwischen 12 und 16); die Vp darf nur zur nächsten Reihe übergehen, wenn sie es wünscht. Sie hat aber die Aufgabe, ihr Vorgehen laut zu kommentieren, um somit etwas zu erfahren über ihre Planhandlungen, Strategien, Hypothesen, Erwartungen etc., denn eine " trial-error-Phase " tritt, wenn überhaupt, nur ganz am Anfang auf.

Im folgenden wird das Lösungsverhalten bei 3 im Schwierigkeitsgrad ansteigenden Aufgaben dargestellt, wobei im wesentlichen trotz stilistischer Mängel der Versuchs-Niederschrift aus dem Jahre 1966 gefolgt wird.

Aufgabe 1:

Lösungsprinzip: Letzte Zahl minus der ersten Zahl. Die Lösung wurde unterstrichen.

Die verschiedenen Darbietungen (Reihen):

- | | | | | | | | | | | | |
|------|---|----------|----------|----------|----|-----|----------|----------|----------|----------|----|
| 1) 3 | 4 | 6 | <u>8</u> | 11 | 9) | 4 | <u>8</u> | 9 | 1 | 12 | |
| 2) | 5 | 6 | <u>7</u> | 9 | 12 | 10) | 3 | 4 | 7 | <u>8</u> | 11 |
| 3) | 2 | 3 | <u>5</u> | 6 | 7 | 11) | 2 | 3 | <u>4</u> | 5 | 6 |
| 4) | 4 | <u>6</u> | 7 | 9 | 10 | 12) | 1 | 4 | 5 | <u>7</u> | 8 |
| 5) | 1 | 2 | 4 | <u>5</u> | 6 | 13) | 3 | <u>4</u> | 5 | 6 | 7 |
| 6) | 4 | <u>5</u> | 7 | 8 | 9 | 14) | 2 | 5 | <u>8</u> | 9 | 10 |
| 7) | 2 | 3 | <u>6</u> | 7 | 8 | 15) | 3 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 8) | 1 | 2 | 3 | <u>4</u> | 5 | 16) | 1 | 3 | 4 | <u>6</u> | 7 |

Vorgehensweise der Vp K. (Lösungsdauer ca.

90 Minuten):

" In den ersten beiden Reihen untersucht die Vp, ob das Prinzip, welches der "richtigen" Zahl zugrundeliegt, aus einer der Grundrechenarten abzuleiten ist. Die Vp verwirft einfache Addition, Multiplikation und Division; Subtraktion probiert sie **n i c h t** aus. Einen Fortschritt macht sie bei der 3. Reihe: Sie erkennt, daß die gesuchte Zahl bis dahin nie Außenglied war. Trotz gegenteiliger Erfahrung bei der 1. Reihe probiert sie auch bei weiteren Reihen die Grundrechenarten (mit Ausnahme der Subtraktion) aus. **Erst-**malig bei Reihe 4 sieht sie eine Verbindung von Addition und Subtraktion als möglich

an, ohne dies jedoch weiter zu verfolgen. Bis zur Reihe 8 tritt keine Änderung ein, die Vp arbeitet fast ausschließlich mit den Grundrechenarten, die gesuchte Zahl erlangt sie durch Zufall. Die beiden Außenglieder als solche führen zu keinem Konzept. Erst in der 9. Reihe erklärt sie, daß die gesuchte Zahl gleich der "Differenz der Außenzahlen" sei, sie überprüft diese Hypothese jedoch nicht. Nach weiteren 5 Reihen stellt sie erneut diesen Zusammenhang fest und vermutet rückblickend, daß dieser Zusammenhang nicht immer bestanden hat.

Nach Darbietung aller 16 Reihen ist das Lösungsprinzip noch nicht gefunden. Sie beginnt wieder mit der 1. Reihe, merkt es aber sofort. Diesmal beginnt sie mit der Subtraktion, verfolgt das Prinzip und kann es bei den Reihen 3 und 4 verifizieren.

Schlußkommentar der Vp nach der 1. Aufgabe:
"Ich hatte mir die Lösung viel komplizierter vorgestellt."

Aufgabe 2:

Lösungsprinzip: Die Zahl, die das Doppelte einer anderen Zahl ist.

Die richtige Lösung wurde unterstrichen.

Die verschiedenen Reihen:

1)	3	5	<u>6</u>	7	11	7)	1	<u>2</u>	5	9	12
2)	1	5	7	9	<u>10</u>	8)	3	<u>6</u>	8	<u>10</u>	11
3)	2	3	<u>4</u>	5	11	9)	1	<u>2</u>	3	5	7
4)	2	6	8	9	<u>12</u>	10)	4	5	6	9	<u>12</u>
5)	4	5	7	<u>8</u>	11	11)	3	4	7	<u>8</u>	10
6)	3	4	5	9	<u>10</u>	12)	3	5	7	<u>10</u>	11

Das Vorgehen bei dieser Aufgabe ergibt sich aus einem Trugschluß, der in der 3. Reihe angedeutet ist und in der 4. Reihe zur Hypothese erhoben wird:

" Addition und Subtraktion ist nicht möglich, also müssen Addition und Subtraktion miteinander verknüpft vorkommen."

Diese Verknüpfung besteht darin, daß 2 Zahlen zu addieren sind, dann eine weitere Zahl davon zu subtrahieren ist. Bei den Reihen 3 und 4 wird dieser Lösungsweg angedeutet, bei der 5. Reihe wird dann die Hypothese formuliert: Das Lösungsprinzip besteht darin, zwei Zahlen der Reihe zu addieren und eine dritte Zahl von der Summe zu subtrahieren. Interessanterweise "funktioniert" dieses System bei den Reihen 3,4,5,6,7,8,11. Bei den Reihen 6,7 und 8 findet die Vp ihre Hypothese bestätigt, sie bricht allerdings die Aufgabe nur deshalb noch nicht ab, weil sie vermutet, daß ganz bestimmte Zahlen addiert bzw. subtrahiert werden müssen. Bei Reihe 9 wird die Vp bezüglich des Prinzips unsicher, weil hier die Gesetzmäßigkeit sich nur dann aufrecht erhalten läßt, wenn die Lösungszahl gleichzeitig zu ihrer Berechnung dient. Reihe 10 bringt eine große "Enttäuschung": Hier funktioniert das Prinzip nicht mehr. Dasselbe bei Reihe 12. Die Vp glaubt jedoch weiter an ihr Prinzip. Sie nimmt an, daß es sich bei den Reihen 10 und 12 um eine Ausnahme gehandelt haben muß, und beginnt den 2. Durchgang (erst bei der 6. Reihe merkt sie, daß sie sich im zweiten Durchgang befindet). Bei der 5. Reihe - sie versucht, bei jeder Reihe ihr altes System zu verifizieren - fügt sie jedoch hinzu, daß die gesuchte Zahl auch das "Doppelte der 1. Zahl ist". Bei der 6. Reihe dieselbe Feststellung, allerdings jetzt als "Konflikt" erlebt, weil sich hier die Lösung durch Ver-

dopplung der dritten Zahl ergibt, Sie behält aber diese Möglichkeit der Lösung im Auge, verfolgt sie weiter bis zu Reihe 10. Hier versagt ja das Prinzip der Kombination von Addition und Subtraktion, jedoch nicht das Prinzip der Verdopplung irgendeiner Zahl. So formuliert die Vp gerade in der 10. Reihe das Prinzip der "Verdopplung irgendeiner Zahl". In den letzten beiden Reihen des 2. Durchgangs wird dann das Prinzip noch weiter verifiziert.

Schlußkommentar der Vp nach der 2. Aufgabe:

" Von dem in mehreren Reihen anwendbaren Prinzip der Kombination von Addition und Subtraktion konnte ich mich nur schwer lösen".

Aufgabe 3:

Lösungsprinzip: Einerstelle der Quersumme.

Die richtige Lösung wurde unterstrichen.

Die verschiedenen Reihen:

1)	1	<u>2</u>	4	5	7)	1	3	6	<u>8</u>
2)	2	<u>3</u>	6	12	8)	<u>2</u>	3	8	9
3)	1	4	5	<u>7</u>	9)	1	2	<u>5</u>	7
4)	<u>7</u>	8	10	12	10)	<u>3</u>	4	7	9
5)	<u>1</u>	2	3	5	11)	1	<u>4</u>	8	11
6)	2	<u>7</u>	8	10	12)	<u>1</u>	8	10	12

Die Vp beginnt mit den 4 Grundrechenarten, gelangt hierbei zu Widersprüchen, die jedoch nicht systematisch geklärt werden. Nach Beendigung der 10. Reihe im 2. Durchgang (also 22 Reihen) stehen ihr als Lösungsprinzipien nach wie vor die 4 Grundrechenarten mit ihren Kombinationen vor Auge, darunter auch Verknüpfungen von Addition und Subtraktion etc. Ansätze, das Problem von gänzlich anderer

Seite her anzugehen, sind nicht feststellbar. Die Vp ist auf einige wenige Lösungsprinzipien fixiert, kann diese aber nicht verifizieren und bittet, den Versuch abbrechen zu dürfen.

4 Aspekte des Lösungsverhaltens, die für die vorliegende Untersuchung von Bedeutung sind:

1. Verfügbarkeit unendlich vieler Lösungsmöglichkeiten eines gesetzmäßigen Zusammenhangs:

Die optimale Ausgangsstellung bestünde darin, sämtliche nur denkbaren Möglichkeiten eines gesetzmäßigen Zusammenhangs disponibel zu haben, um dann eine günstige Strategie zu entwickeln. Dies ist jedoch ein illusorischer Wunsch, denn nur einige wenige Möglichkeiten können präsent sein. Zumindest sollten aber die vorhandenen Möglichkeiten durch Umstrukturierungen erweitert werden können. Dies war der Vp vor allem bei schwierigeren Aufgaben nur höchst beschränkt möglich.

2. Aufsteigen von einfachen zu komplizierteren Lösungswegen:

Es scheint sinnvoll und ökonomisch, erst mit einfachen Lösungswegen zu beginnen, ehe man zu komplizierteren übergeht. Im großen und ganzen läßt sich das im vorliegenden Versuch nachweisen, die Vp beginnt nämlich in der Regel mit den 4 Grundrechenarten in einfacher Form (Lösungszahl ist das Resultat von Addition zweier Zahlen z.B.), geht dann zu komplexeren Formen über (z.B. Kombination

von Addition und Subtraktion). Es zeigte sich allerdings auch, daß gewisse Präferenzen für kompliziertere Lösungswege bestehen können. (Sollte man an dieser Stelle eine "Kulturkritik" - warum einfach, wenn es auch kompliziert geht - anfügen ?). Im allgemeinen aber gilt, daß bestimmte Lösungswege wahrscheinlicher in ihrer Anwendung sind als andere; es gibt also Hierarchien in der Anwendung.

3. Denkfehler, Trugschlüsse etc.:

Denkfehler, Trugschlüsse vermögen den Lösungsverlauf ganz wesentlich beeinflussen. Im vorliegenden Falle prüft die Vp die Prinzipien "Addition" und "Subtraktion" zunächst getrennt durch, und zwar ohne Erfolg. Die Verbindung beider Lösungsprinzipien mag zwar naheliegend sein, logisch zwingend ist sie jedoch nicht. Man könnte hier von einer "Assoziativen Logik" sprechen: Der nächstfolgende Schritt, assoziativ "entdeckt", wird logisch abgesichert.

4. "Fixierung" oder "Parforce-Lösung"

Das Lösungsverhalten bei Aufgabe 2 ist ein gutes Beispiel für diese beiden Phänomene: Die Vp "klebt" quasi an einem häufig bestätigt gefundenen Prinzip auch dann noch, als es eindeutig falsifiziert worden ist. Die Vp ist auf dieses Prinzip fixiert, ja sie versucht, mit "aller Gewalt" auf der Basis eben jenes Prinzips die Lösung zu erreichen, obwohl es nicht möglich ist.
(DUNCKER, 1935)

Die richtige Lösung der Aufgabe kommt hier sozusagen als zufälliges Nebenprodukt, wobei der V1 möglicherweise (unbewußt) durch sein Ausdrucksverhalten dazu beigetragen haben mag, daß die Vp den "Nebenbefund" weiter verfolgte und schließlich zur Hypothese erhob.

Aus der Sicht der Verstärkungstheorien kann man das Phänomen der Fixierung auch so darstellen: Die mehrmalige Verstärkung eines bestimmten Lösungsprinzips durch Erreichen der Lösung durch dieses Prinzip macht seine weitere Anwendung immer wahrscheinlicher. Wenn dies häufig genug der Fall ist, dann reicht ein (wenn auch logisch eindeutiger) Gegenbeweis (= Nicht-Verstärkung, Löschung) nicht aus, um das ursprüngliche Prinzip bzw. dessen Anwendung völlig zu verdrängen. Nach und nach mögen neue Lösungswege eingeschlagen werden, da aber nach 12 - 16 Reihen wieder von vorn begonnen wird, kommt das ursprüngliche Prinzip immer wieder zur Anwendung und auch zur Bestätigung (=Verstärkung).

B. EMPIRISCHER TEIL

Der letzte Beitrag "Entdecken eines gesetzmäßigen Zusammenhangs" gehört - streng genommen - in den "Empirischen Teil", wurde aber vorangeschickt, weil der folgende Teil der Arbeit den Untersuchungen mit den vier Kolkkraben vorbehalten sein soll.

Die Aufgabe "Entdecken eines gesetzmäßigen Zusammenhangs" war deshalb so ausführlich erörtert worden, weil sie einige Gemeinsamkeiten mit der Sachs-fach-Musterwahl aufwies, wenn-gleich hier Kolkkraben, dort Studenten, sich um die Lösung der Aufgabe bemühten:

1. die Lösung der Aufgabe besteht in der Kenntnis des Lösungs- P r i n z i p s, d.h. die eigentliche Aufgabe besteht darin, das allgemeine Lösungsprinzip zu finden.

Der Unterschied zwischen der " Studenten" - und " Kolkkraben- Aufgabe": Der Student weiß, daß er das Lösungsprinzip so schnell wie möglich entdecken soll und er will es auch. Wenn er ferner die Gesetzmäßigkeit gefunden und eindeutig überprüft hat, kann er das Lösungsprinzip nach Wunsch anwenden. Der Kolkkrabe weiß zunächst nicht, daß er ein Lösungsprinzip entdecken soll, weiß erst recht nicht, daß er sich "beeilen" soll. Schließlich kann man ihm nicht klarmachen, daß er das Lösungsprinzip - einmal gefunden - immer wieder anwenden soll.

2. Das Lösungsprinzip kann nicht unmittelbar erfaßt werden, d.h. vor allem bei schwierigen

geren (zu entdeckenden) Gesetzmäßigkeiten müssen eine Reihe von Aufgaben gelöst werden, bevor das Lösungsprinzip gefunden wird.

Der Unterschied zwischen der "Studenten-" und "Kolkraben-Aufgabe": Der Student weiß, daß es ein Ziel gibt (Lösung), er kennt es nur noch nicht inhaltlich (Lösungsprinzip); der Kolkrabe weiß das nicht.

3. Die Art der Aufgaben läßt sinnloses sowie planendes Vorgehen erwarten, das Auftreten von " Erwartungen " oder " Enttäuschungen " (ohne diese Begriffe näher zu erörtern) liegt nahe.

Der Unterschied zwischen der "Studenten-" und "Kolkraben-Aufgabe": Im Gegensatz zum Studenten kann der Rabe das, was er tut, nicht verbal kommentieren.

Aber:

4. Die Art der Aufgabe (sukzessives Annähern an das Lösungsprinzip) macht eine Analyse der Vorgehensweise zumindest bedingt dadurch möglich, daß der Verlauf des Lösungsprozesses unter bestimmten Aspekten betrachtet wird. Die unter (3) angesprochenen Phänomene können also bedingt abgeleitet werden.

Dies soll zunächst genügen, denn bei der abschließenden Diskussion wird der Vergleich wieder aufgegriffen werden müssen. Beschäftigen wir uns nun mit den Untersuchungen, die an Kolkraben durchgeführt wurden.

V. Bemerkungen über: Versuchstiere, Unterbringung,
Versuchsanordnung, Statistik.

1. Versuchstiere:

Im Juli 1971 erhielten wir von einer norddeutschen Tiergroßhandlung 4 Kolkraben (*corvus corax*), die im Frühjahr desselben Jahres in Rußland geschlüpft waren. Weitere Informationen über die Tiere waren aus dem Herkunftsland nicht zu bekommen. Zum damaligen Zeitpunkt sahen wir leider keine Möglichkeit, an gerade geschlüpfte Kolkraben zu gelangen.

Zu Beginn der Eingewöhnungsphase bekamen die 4 Raben entsprechend ihrer Rangordnung Namen nach den "Helden" der Wildest-Fernseh-Serie "Bonanza": Ben, Hoss, Adam, Little Joe.

In einer noch nicht abgeschlossenen Untersuchung zum Problem von Rangordnungen und Hierarchien⁺⁾ stellte sich heraus, daß Ben und Adam weibliche Tiere sind, Little Joe dagegen ein Männchen ist. Auch Hoss dürfte aller Wahrscheinlichkeit nach männlich sein.

Warum mußten es gerade Kolkraben sein, könnte man fragen.

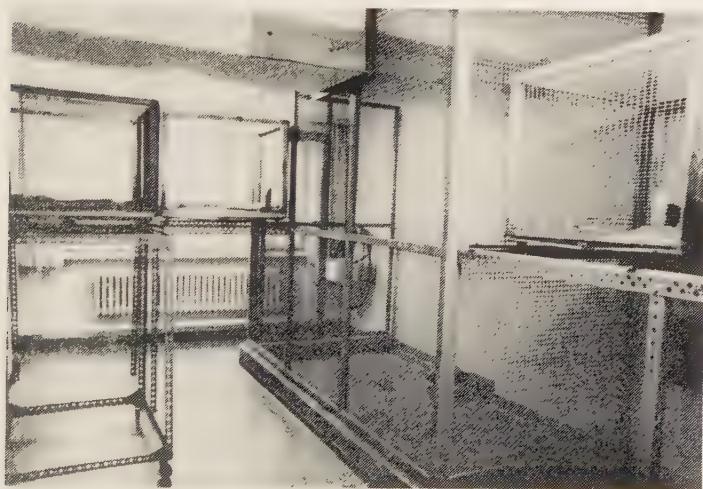
Die Antwort ist vergleichsweise einfach: Im Rahmen unserer Untersuchungsziele beabsichtigten wir, eine Mehrfach-Musterwahl durchzuführen, d.h. aus mehreren verschieden großen Punktmengen soll diejenige herausgesucht werden, die der auf einem Muster vorgegebenen Menge (Anzahl von Punkten) entspricht. Unter den Vögeln sind nach bisherigen Erkenntnissen nur der Kolkrabe und der Papagei dazu imstande gewesen. Hochentwickelte Säuger - Ratten oder Mäuse wären völlig ungeeignet für unser Vorhaben - konnten wir nicht adäquat unterbringen.

+) Norbert VOGEL: Zulassungsarbeit zur Diplomprüfung für Studierende der Psychologie, Münster/W.

2. Unterbringung:

- a) Zunächst wurden die Raben in einer Zimmer-volière untergebracht (1,20m x 3,00m x 2,60m), die ihnen ausreichende Bewegungsmöglichkeiten bot (s. Abb. 1). Die Äste, die als Sitzgelegenheit dienten, waren größtenteils so angebracht, daß Beobachter zu den Raben hochblicken mußten. Müssen nämlich Vögel sich unterhalb des menschlichen Augenhorizonts aufhalten, so kann dies auf sie, je nach Entfernung der Person, sehr anstrengend wirken. Der Raum, in dem sich die Volière befand, war 3,30m x 6,10m x 2,60m groß. Er war ebenfalls mit mehreren Ästen ausgestattet, so dass die Raben während der Reinigung der Volière "draußen" warten konnten. Diese Lösung stellte sich als recht günstig heraus, denn die Raben verließen (nach vorheriger Öffnung der Volièren-Tür) prompt ihren Käfig, wenn der Betreuer sich mit Wasserschlauch und Putzeimer näherte. Vor Verlassen der Volière wurden die Fenstervorhänge geschlossen, damit die Raben nicht gegen die Fensterscheiben fliegen konnten.
- b) Gegen Ende der Eingewöhnungsphase wurden alle Raben in Einzelkäfigen untergebracht (85 x 100 x 70cm), deren Ausmaße es ihnen wenigstens erlaubte, die Flügel ganz auszubreiten. Der Käfigrahmen war aus Holz, die Wände nach allen Seiten und oben aus festem Drahtgitter. Über dem Holzboden war eine gut zu reinigende Kunststoffplatte, darüber ein Metallrost, auf dem sie sich sehr gut bewegen konnten. Die Käfige selbst standen auf Rollen. Für die Unterbringung der

Abb. 1: Zimmervoliere und Einzelkäfige,
in denen die Kolkraben unter-
gebracht waren.



4 Käfige war in 1,30 m Höhe ein Stahlregal konstruiert worden. Im Inneren der Käfige war jeweils ein ungleichmäßig dicker Ast (um den Füßen verschiedene Griffadien zu ermöglichen) und ein (fast) unzerstörbarer Tonnapf (mit Bleiplatten am Boden beschwert) für Trinkwasser.

3. Versuchskäfig:

Der Versuchskäfig (s. Abb. 2) hatte die Maße 1,30m x 0,90m x 0,60m und zwar in 1,20m Höhe in die Stirnwand einer anderen Zimmervolière eingelassen. An die Rückwand schloß sich eine Schleuse an, verbunden mit dem Käfig durch eine hochziehbare Tür. Die Schleuse (0,40m x 0,38m x 0,60m) war notwendig als Verbindung zwischen Versuchskäfig und Wohnkäfig. Dieser Zusammenhang wird deutlicher werden, wenn der Transport der Tiere zwischen Wohnraum und Versuchskäfig beschrieben wird. Seitenwände und Dach des Käfigs bestanden aus Drahtgitter, an der rechten Seite (vom Beobachter aus) schloß er mit der Zimmerwand ab. Die Rückseite war mit Holz verkleidet, um zu verhindern, daß ein Tier die Aufstellung der Näpfe beobachten konnte. In der dem Beobachter zugewandten Stirnseite war in der Mitte, in 19cm Höhe, ein Einwegspiegel in die Holzwand eingebaut, um störungsfrei die Raben bei der Wahl verfolgen zu können. Der Versuchskäfig war ferner von oben so erleuchtet, daß im Käfig die Punktmuster schattenfrei wahrgenommen werden konnten. Die Tür zwischen Käfig und Schleuse wurde über Rollen vom Beobachter-Standort aus bedient. An die Geräusche beim Hochziehen der

Wohnkäfig

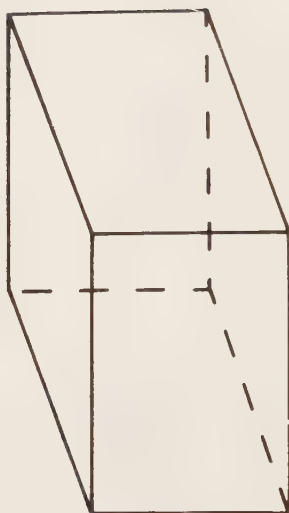
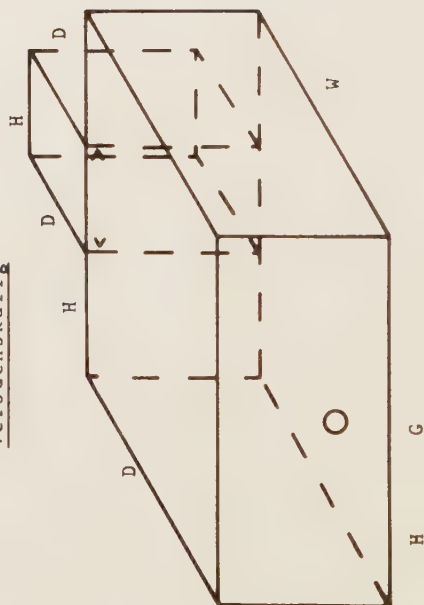


Abb. 2: Versuchskäfig und Wohnkäfig

Versuchskäfig



- H = Holz
- D = Drahtnetz
- W = Zimmerwand
- G = Guckloch

Tür gewöhnten sich die Raben bald. Der Käfigboden bestand aus einem gut begehbaren Eisenrost, unter dem Kunststoffplatten verlegt waren.

4. Transport zwischen Wohnraum und Versuchskäfig:

Sowohl aus räumlichen als auch aus methodischen Gründen konnten die Versuche nicht in dem Raum stattfinden, in dem die Tiere untergebracht waren. Die Raben mußten über den Flur der Tierstation in deren nächstes Zimmer gebracht werden. Dieses Problem wurde so gelöst:

An die Stahlregale, auf denen die Wohnkäfige standen (s. Abb. 1), wurde ein gleich hoher Transportwagen gefahren, so dass die Käfige auf ihren Rollen direkt auf den Wagen geschoben werden konnten.

Der Rabe wurde dann über den Flur in das nächste Zimmer, in den Versuchsraum, gefahren. Hier wurde der Transportwagen wiederum an zwei Schienen angeschlossen, auf denen der Wohnkäfig nun genau vor die Schleuse geschoben werden konnte. Da die Raben nicht handzähm waren, sich also nicht auf der Hand durch die Zimmer tragen ließen, blieb uns keine andere Wahl. Man konnte sie auch nicht täglich fangen. Über die Auswirkungen des Transports auf das Verhalten der Tiere wird noch an anderer Stelle zu berichten sein.

5. Weitere Angaben zur Versuchsanordnung: Näpfe und Deckel:

Die für unsere Versuche notwendigen Futternäpfe waren aus Ton, innen glasiert, also sehr leicht

zu reinigen. Sie waren 2,5 cm hochm 9,0 cm im oberen und 6,8 cm im unteren Durchmesser.

Statt Papp - oder Bierdeckel, mit denen Generationen von Forschern ausgekommen waren und auch noch auskommen, bevorzugten wir Deckel aus weiß gefärbtem Plexiglas (1,5 mm dick). Die für die Darbietung der Anzahlen notwendigen "Punkte" wurden aus schwarzer d-c-fix-Folie hergestellt und hatten einen Durchmesser von 18 mm (mit einem Loch Eisen ausgestanzt). Die (quadratischen) Deckel konnten so optimal gereinigt und geruchfrei gehalten werden. Deckel, die auf einen Napf gelegt wurden, hatten eine Kantenlänge von 11 cm, Musterdeckel dagegen eine von 15 cm. Zur einwandfreien Identifizierung wurden die Napfdeckel durchnumeriert, zum anderen wurde auf der Rückseite ein Metallplättchen für den Magnetverschluß befestigt. Die Musterdeckel erhielten auf der Rückseite nur die jeweiligen Numerierungen.

6. Verhalten der Tiere bis Untersuchungsbeginn:

Um den Leser nicht zu überfordern, wird das Verhalten der Tiere außerhalb der Versuchssituation nur insoweit referiert, als es wirklich zum Verständnis sowohl der Versuchsergebnisse als auch des Verhaltens bei den Versuchen beiträgt. Wir versuchen also, eine sinnvolle Auswahl aus den Beobachtungsdaten zu treffen. Bei der Erläuterung der Ergebnisse zur Zweifach-Musterwahl wird ebenfalls eine kurze Verhaltensanalyse dargestellt. Dennoch sei hier ein Abriß gegeben über die Entwicklung der Raben vom Tage der Lieferung an (8. Juli 1971) bis zum Untersuchungsbeginn im September 1971.

Die ersten drei Tage im Dienste der Wissenschaft verbrachten die vier Raben in einer Zimmervolière, in der auch der Versuchskäfig eingebaut war. Da sich die Fertigstellung der den Raben zugedachten Volière etwas verzögert hatte, liess sich diese provisorische Einquartierung nicht vermeiden. Für uns hatte das den Vorteil, das Geschick (besser: Zerstörungsgeschick) der Raben bewundern zu können. Sie begannen unverzüglich, dem Versuchskäfig von außen zuleibezurücken, bemühten sich (mit Erfolg), an Stromleitungen heranzukommen, lösten Nägel aus Brettern usw. Little Joe gelang vor den Augen mehrerer Zeugen die Öffnung einer Stromleitung, so dass er wenigstens für Bruchteile einer Sekunde im Aussehen an den nach allen Seiten gespreizten und mit geöffnetem Schnabel kreischenden Bundesadler erinnerte. Als es den Raben dann auch noch gelungen war, den Versuchskäfig aufzubrechen, wurde eine Verlegung quasi lebensnotwendig.

Die Raben zogen also um. Die neue Wohnstätte bot nur Rigipswände, Gitter und Kachelboden. Erst jetzt war an gezielte Beobachtung des Verhaltens der Tiere zu denken.

An den Untersucher gewöhnten sich die Raben sehr schnell, ebenfalls an die tägliche "Raumpflegerin". "Gewöhnen" hieß aber in diesem Stadium, daß beim Betreten des Zimmers nicht augenblicklich eine wilde Jagd in der Volière begann.

An Personen, zu denen kein täglicher Kontakt bestand, gewöhnten sie sich überhaupt nicht. Nach einigen Tagen begann ich damit, mich in die äußerste Ecke der Volière auf den Boden zu setzen, um die Tiere mit Leckerbissen heran-

zulocken. Hoss und Ben fraßen nach 10 Tagen ruhig aus der Hand. Mehrere Wochen dauerte es dann, bis sie auch aus größerer Entfernung auf den Arm geflogen kamen. Da aber Hoss außer Ben keinen anderen Raben in meiner Nähe duldete, war es völlig unmöglich, Adam und Little Joe auch nur halbwegs zu zähmen. Auch später fraßen die beiden nie aus der Hand.

Inzwischen hatte sich eine recht stabile Rangordnung in der kleinen Gruppe gebildet. In den ersten Tagen war Ben der Ranghöchste, doch nach etwa zwei Wochen wechselte für mich nicht nachvollziehbar die Rangordnung, denn nun war Hoss eindeutig die Nr. 1, Ben der Zweithöchste, Adam belegte den dritten Rang und Little Joe war der "Prügelknabe" (zumindest für Hoss). Die neuen Rangverhältnisse zeigten sich sehr deutlich bei einer Vielzahl von Gelegenheiten: beim Füttern, bei der Kontaktsuche zu Menschen, beim Spielen und Explorieren, und schliesslich bei Zank und Streit. Insgesamt aber war der "Umgangston" in der Gruppe nicht übermäßig aggressiv, lediglich Little Joe wurde vom "Boß" Hoss permanent drangsaliert, d.h. verjagt, gehackt und getreten. Das räumliche enge Zusammensein machte es natürlich für Little Joe nahezu unmöglich, sich von Hoss mehr als 3 Meter entfernt aufzuhalten. In ihrer neuen Behausung interessierten sich die Raben vor allem für die Rigipswände, denn diese waren so wenig widerstandsfähig, daß Hoss u. Co. nach zweistündiger Arbeit das Resultat deutlich vor Augen hatten. Besonders Kanten und Ecken der Volière waren gefragt. Wir verschalteten die kritischen Stellen mit Holz, worauf die Raben sich mehr der Decke zuwandten. Zum Zeitpunkt der Unterbringung in Einzelkäfige hatten sie gerade die

Decke durchstoßen und blickten in den Dachstuhl (s.Abb.3); in den Wohnkäfigen mußten sie notgedrungen auf Holz "umschulen". Nach einjähriger Versuchszeit hatten Hoss und Adam die 2 1/2 cm starken Holzrahmen durchgehackt, Ben und Little Joe standen kurz vor dem " Abschluß ". Auch hier blieb uns das Glück treu: Die Experimente wurden beendet, kurz bevor neue Käfige hätten angefertigt werden müssen.

Ben verdiente sich außerdem den Beinamen eines "Ausbrecherkönigs", weil er immer wieder in nächtelanger Kleinarbeit die Schiebetür seines Wohnkäfigs zu öffnen verstand.

Bei der Isolierung Bens konnten wir eine höchst dramatische Veränderung der Gruppenstruktur beobachten: Als noch alle Tiere zusammen in der Volière untergebracht waren, tendierte Ben sehr deutlich zu Hoss, der sich allerdings nicht gerade sehr viel aus ihm machte. Sie hockten aber doch recht häufig zusammen. Noch enger miteinander verbunden waren Adam und Little Joe, so dass schon nach 2 - 3 Wochen der Eindruck entstand, hier könnte sich später eine Paarbildung vollziehen. Dann wurde Ben in einem Einzelkäfig untergebracht. Hoss wurde im Anschluß an diese Trennung noch aggressiver gegen Little Joe, als er es ohnehin schon vorher war. Er begnügte sich nur noch selten damit, Little Joe zu verjagen, er attackierte ihn auch häufig, wobei er ihm ohne jede Gegenwehr das Nackengefieder ausrupfte. Adam, obwohl immer mit Little Joe zusammen, hielt sich bei Hoss' Angriffen immer raus.

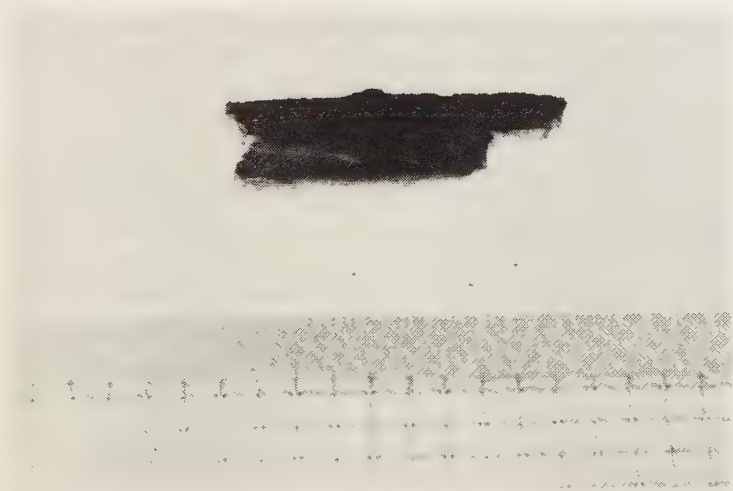
Wir verfolgten diese Entwicklung mit Besorgnis, hofften jedoch, die restlichen 8 Tage bis zur Fertigstellung der anderen Käfige

noch zu "überstehen". In diesen Tagen begann aber auch Hoss Federn zu lassen, allerdings nicht durch Adam oder gar Little Joe, er riß sich vielmehr seine Federn selbst aus. Daraufhin funktionierten wir in aller Eile einen Taubenkäfig um, isolierten Hoss und stellten ihn neben Ben. Adam und Little Joe konnten für wenige Tage "streß-freie" Zeiten miteinander verleben, dann wurden auch sie einzeln untergebracht, allerdings auch derart, daß sie wenigstens Schädelkontakt aufnehmen konnten. Von diesem Zeitpunkt an erhielten sich Hoss und Little Joe sehr schnell im Gefieder, bald machten sie rein äußerlich einen hervorragenden Eindruck. Das sollte so bis zum Abschluß der Untersuchung bleiben. Daraus darf man doch schließen, daß die Tiere halbwegs richtig ernährt und nicht zu eng untergebracht gewesen waren. Im Verhalten machten sich allerdings nach Beendigung der Isolierung Auffälligkeiten bemerkbar (z.B. bei der Paarung). Soweit zur Struktur der Gruppe. Das Verhalten im Versuch selbst wird bei den einzelnen Versuchsphasen erörtert.

7. Bemerkungen zur statistischen Aufbereitung der Daten

Ob man nun untersuchen will, inwieweit ein Rabe das Prinzip der Musterwahl befolgt hat, oder aber sich fragt, ob den Daten Anzeichen für "Hypothesenbildung" oder "Strategien" zu entnehmen sind, immer wieder wird man Wahrscheinlichkeitsberechnungen anstellen müssen, d.h. man wird die verschiedenen Phänomene daraufhin analysieren, ob sie eben nur zufällig oder aber gar überzufällig auf-

Abb. 3 : Rigipsdecke in der Innenvolière,
von den Kolkraben durchgehackt.



treten, also möglicherweise interpretierbar sind. Die Bemerkung " möglicherweise interpretierbar" bedarf noch einer weiteren Erklärung. Bei einer ganzen Reihe unserer Tabellen und Graphiken sind unter der Rubrik "Bemerkungen" Signifikanzberechnungen angegeben. Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß derartige Berechnungen zunächst nur mathematisch-statistischen Charakter haben. Mit der Bezeichnung "signifikant" ist also beileibe nicht behauptet, daß damit irgendeine Versuchsfrage beantwortet wäre. Die Analyse der vorliegenden Ergebnisse kann nur aus dem Zusammenhang heraus vorgenommen werden, sie ist absolut nicht die bunt zusammengewürfelte Summe von Signifikanzen. Angaben von Signifikanzen sollen lediglich den Leser darauf aufmerksam machen, daß hier möglicherweise im Verhalten etwas auffällig sein könnte. Da nur einfachste Verfahren angewendet wurden (z-Verteilung, Chi^2 - Verfahren, t-Test), werden diese nicht immer wieder dargelegt.

Folgende Abkürzungen werden verwandt:

1. Sehr signifikant, abgek.= s.s., = 1% -Niveau
2. Signifikant, abgek.= s. , = 5% -Niveau
3. Tendenz, abgek.= t. , =10% -Niveau

Speziell beim Tierversuch ergibt sich die Schwierigkeit, inwieweit abhängige Wahrscheinlichkeiten vorliegen, wie groß bestimmte Übergangswahrscheinlichkeiten sind usw. Hier tauchen ungelöste Probleme auf.

VI. Zweifachwahl 1 : 2, ohne Muster

(Versuchstier: Ben)

Anhand der Zweifachwahl (1:2, d.h. der Napf, auf dessen Deckel nur ein Punkt war, sollte von Ben gewählt werden) sollten eigentlich mehr die Versuchsbedingungen getestet werden. Im Vordergrund standen folgende Probleme:

- a) Würde sich die Einzelunterbringung nachteilig auf das Lernverhalten auswirken ?
- b) Würde der leider unumgängliche Transport zwischen Wohn - und Versuchskäfig die Tiere auf die Dauer so verängstigen, daß methodisch einwandfreie Versuche kaum noch möglich sein würden ?
- c) Würde das Versuchstier durch Lautäußerungen der anderen Tiere gestört ? Würden sich die Tiere von Raum zu Raum akustisch verständigen ?
- d) Wie würden sich die ebenfalls unvermeidbaren Störreize (Fahrstuhlgeräusch, Türgeräusch etc.) auf den Lernprozeß auswirken ?
- e) Und schließlich: Wie würde sich der (leider auch unvermeidbare) Kontakt zu fremden Personen auswirken ?

Die Methodik selbst entsprach der KOEHLERS, war also vielfach bewährt bis auf die " Gefahr " der Seitenpräferenz, daß nämlich über kurz oder lang ein Tier konstant zu einer Seite geht.

Ergebnisse der Zweifachwahl (chronologisch dargestellt):

Beginn der Dressur war der 2.3.1971. Erst am 10. Versuchstag (11.3.) war es möglich,

Ben bei der Wahl zu beobachten. So lange dauerte es, bis er sich daran gewöhnt hatte, daß der Beobachter zwar im Versuchsraum blieb, jedoch hinter der Beobachtungswand verschwand (s.a. KOEHLER 1943). Bis dahin hatte er schon 12 Wahlen getroffen. Sobald Ben in den Versuchsraum gebracht wird, ertönt der dreisilb-ige Feindruf, den seine drei zurückgebliebenen "Kollegen" lautstark beantworten (5 Stockwerke tiefer im Institut noch zu hören !) - Womit Befürchtung (C) sich bewahrheitete. Und das sollte sich bis zum Ende der gesamten Untersuchung nicht mehr ändern.

Auch Befürchtung (b) bestätigte sich erwartungsgemäß: Während der Fahrt von Wohnraum zu Versuchsraum flatterte Ben wie wild umher und es dauerte eine geraume Zeit, bis er sich im Experimentierraum wieder beruhigt hatte. Dann schimpfte er entweder mit den anderen gemeinsam oder aber begann, gegenüber dem unsichtbaren Beobachter zu jaunzen und zu winseln, wie er es auch sonst tat, um einen besonderen Leckerbissen zu bekommen.

Sein Verhalten bei der Wahl sah, als es zum ersten Male direkt beobachtet werden konnte, so aus: Innerhalb von 14 Minuten näherte sich Ben insgesamt 11 mal sehr langsam und vorsichtig den Näpfen, den Kopf vorgestreckt, links und rechts blickend; in 10 Fällen drehte er sich jedoch ohne erkennbaren Grund fluchtartig herum und hüpfte in seinen Wohnkäfig. Dort setzte er sich auf den Ast, blickte zu den Näpfen und krächzte. Beim 11. Anlauf streckte er den Kopf weit vor, fegte dann mit ganz leicht geöffnetem Schnabel den Deckel in die Ecke und raste sofort in den Wohnkäfig zurück. Nach dieser "Mutprobe" gab er sich für den Rest des (Versuchs-) Tages der Ruhe hin.

An diesem Verhalten ändert sich bis zur Beendigung der Zweifachwahl (bis zum 12.3., insgesamt 68 Versuche) nicht viel, es sei denn, daß er nicht mehr ganz so lange zögert, bis er wählt, doch 2 Minuten (bis 15 Minuten) wartet er mindestens. Allerdings erfolgt die Annäherung an die Näpfe immer schneller im Verlauf der Zweifachwahl. Die Wahl selbst, Bücken und Deckelabheben, erfolgt dann sehr schnell. In der ersten etwas längeren Versuchsserie (29.3.1971, Versuche Nr. 32-46) deutet sich bei Ben die "berühmt-berüchtigte" Seitenstetigkeit an: Bei 15 Versuchen in einer Folge wählte er 12 mal rechts, obwohl nach dem ersten Auftreten dieses Phänomens 8 mal hintereinander nur noch die linke Seite beködert wurde. Am letzten Versuchstag (30.3. 1971) absolvierte er - sehr hungrig - 22 Versuche, davon die letzten 10 alle richtig . (s.Tab. 1)Abfolge der Lage des Positivnapfes: 1-l-r-l-r-l-l-r-l-r. Da eine positive Zehnerfolge innerhalb von 68 Versuchen bei einer zufälligen Trefferwahrscheinlichkeit von $p = 0,5$ sehr signifikant ist, brachen wir die Versuche zur Zweifachwahl an dieser Stelle ab.

Viel wichtiger als die Frage, ob das Beherrschen der Zweifachwahl statistisch ausreichend abgesichert ist, waren die Erfahrungen mit dem Verhalten des Raben unter ganz spezifischen Versuchsbedingungen. Hier bewahrheiteten sich so ziemlich alle Befürchtungen (s. " Probleme " a - e), jedoch ließen die Leistungen bei der Zweifachwahl einen gewissen Optimismus durchaus noch zu.

Laufende Nummer der Versuche	Anzahl	davon richtig gelöst	Bemerkung
1 - 68	68	36	1) p 1 % (s.s.)
47 - 68	22	14	
59 - 68	10	10)	

Tab. 1: Ben: Zweifachwahl ohne Muster
2 : 1, (1 positiv)

VII. Zweifach - Musterwahl

1. Vorgehen bei der Dressur der Zweifach - Musterwahl

Auf der Folie der Erfahrungen mit Ben bei der Zweifachwahl wurde für die Zweifach-Musterwahl folgende Vorgehensweise festgelegt:

- a) Ben und Little Joe sollten "systematisch" (ohne vorbestimmten Seitenwechsel, mit Figurenhilfe) lernen, Hoss und Adam dagegen "unsystematisch" (mit vorbestimmten Seitenwechsel, ohne Figurenhilfe).
- d.H.: Auf den Deckeln für Hoss und Adam war der eine Punkt manchmal im Zentrum, manchmal exzentrisch gelegen; ebenso die zwei Punkte, die außerdem noch in unterschiedlichem Abstand aufgeklebt waren. In zufälliger Abfolge war teils die "1", teils die "2" positiv; die richtige Lösung war ebenso zufällig auf der linken oder rechten Seite zu finden. Ferner wurden die Deckel zufallartig gedreht, so dass dadurch wiederum neue Darbietungsmöglichkeiten entstanden (mehr als die Tiere je Versuche machten). Die Anordnung des Punktes/der Punkte auf dem Muster stimmten immer in den Punktgrößen, nicht aber in den Relationen der Punkte zueinander (Bezugsgröße = Deckelgröße) mit der auf den Napfdeckeln überein. Bezüglich der Seitenwahl benutzten wir dieselbe Zufallsfolge (aufgestellt für 100 Wahlen), die auch KOEHLER gebrauchte (1943, S. 594). Dort beträgt die längste Folgenlänge 5 Glieder.

Die Folgenlänge bei diesem Schema:

Folgenlänge	rechts positiv	links positiv
1	12	12
2	8	8
3	3	3
4	2	2
5	1	1
Summe	50	50
Summe	100	

Auf den Deckeln für Ben und Little Joe war der eine Punkt immer zentral gelegen, die zwei Punkte dagegen mit 3 cm Abstand aufgeklebt. Aus der Sicht des Tieres lagen die Punkte waagrecht nebeneinander. Die Anordnung des Punktes/der Punkte auf dem Muster stimmte in den Punktgrößen und in den Relationen der Punkte zueinander (Bezugsgröße = Deckelgröße) mit der auf den Napfdeckeln immer überein. Hier ergeben sich also nur 4 Kombinationsmöglichkeiten, rechts oder links positiv, "1" oder "2" positiv. Der Seitenwechsel sollte sich nach dem Verhalten der Tiere richten, d.h. etwaigen Seitenpräferenzen entgegenwirken. Variationen bezüglich der Punktrelationen, des Seitenwechsels, der Drehung der Punktanordnungen, waren erst dann vorgesehen, wenn die Aufgabe in ihrer einfachsten Form beherrscht wurde.

- b) Das Muster sollte vor den Näpfen liegen und unbeködert bleiben.
- c) Zunächst sollte ohne Scheuchen gearbeitet werden.

- d) Aus zwei Gründen sollten die Näpfe nur mit Fleisch (Schweineherz) beködert werden: Einmal schien uns die permanente Suche nach immer neuen Leckerbissen (s. KOEHLER, 1943) zu anstrengend, zum anderen waren bei KOEHLERS Untersuchung anfangs einige Ergebnisse durch Futterpräferenzen beeinflusst. Wir entschlossen uns deshalb, nur bei den Versuchen : : Fleisch zu verfüttern, während außerhalb der Versuche Brot, Eier, Obst usw. verfüttert werden sollte. Steht den Tieren für die Versuche zu viel Zeit zur Verfügung, so besteht die Gefahr, daß sie entsprechend langsam lernen. Aus diesem Grunde bestand für jedes Tier nur einmal täglich (an 5 Tagen in der Woche) die Möglichkeit, Fleisch zu bekommen. Außerdem sollte dann sofort abgebrochen werden, wenn ein Tier nach 15 Minuten Wartezeit noch keinen Versuch absolviert hatte.
- Es war technisch leider nicht möglich, das Körpergewicht der Raben zu kontrollieren. Der optimale Deprivierungs-Zustand konnte deshalb nur "gefühlsmäßig" hergestellt werden.

2. Ergebnisse der Zweifach - Musterwahl

Tier: Ben

Lernart: "systematisch"

Ergebnis:

a) Leistungsbereich:

Ben war an 66 von 155 Versuchstagen zu keiner Wahl zu bewegen. An den verbleibenden 89 Versuchstagen absolvierte er zwischen einem und 97 Versuchen, insgesamt 1292. Die hohe Versuchszahl erklärt sich dadurch, daß Ben

1. mit der Versuchsanordnung (bis auf das Muster) schon vertraut war,
2. ein paar Wochen eher mit den Versuchen zur Zweifach-Musterwahl begonnen hatte, um möglicherweise Fehler in der Versuchsdurchführung bei den anderen Tieren vermeiden zu können.

Außerdem schien es angebracht, bei Hoss und Little Joe zu warten, bis sie sich im Gefieder (als Folge der Balgereien) erholt hätten.

Da Ben "systematisch" lernen sollte, bestand bei ihm die Möglichkeit, etwaige Seitenpräferenzen zu durchbrechen, indem die nicht-bevorzugte Seite häufiger beködert wurde.

Es gelang aber trotzdem nicht.

Bei der ausgesprochen großen Versuchszahl sollte man die sehr kurze Positivserie zwischen den Versuchen Nr. 1148-1161 nicht rechnen, so daß man bei Ben von einem Befolgen des Prinzips der Musterwahl nicht sprechen kann. Dagegen zeigt Tab. 2 sehr deutlich, daß trotz überzufälliger Darbietung des Köders auf der rechten

laufende Nummer der Versuche	Anzahl der Versuche	davon richtig gelöst	falsch gewählt	rechts positiv	links positiv	rechts gewählt	links gewählt	Bemerkungen
1-1292	1292	512	780 ¹⁾	803 ²⁾	489	491	801 ³⁾	1) 2) 3) p < 1 % (s.s.)
1148-1161	14	11 ⁴⁾	3	10	4	7	7	4) p < 5 % (s.)
791- 961	182	20	162 ⁵⁾	175 ⁶⁾	7	20	162 ⁷⁾	5) 6) 7) p < 1 % (s.s.)

Tab. 2: Ben: Zweifachwahl mit Muster

2 : 1 (je nach Muster 2 oder 1 positiv)

Ben ebenso überzufällig nach links ging. Über 1000 Versuche lang beherrscht die Seitenpräferenz ganz eindeutig das Bild. Ganz extrem ausgebildet ist die Links-Stetigkeit während der Versuche 791-961. Innerhalb dieser Reihe (wir kommen noch darauf zurück) schafft es Ben tatsächlich, 59mal hintereinander zur linken Seite zu gehen, obwohl kein einziges mal dort ein Köder zu finden war. Ben hatte also das Prinzip der Musterwahl nicht befolgt, vielmehr hatte er eine sehr deutliche Links-Präferenz ausgebildet.

b) Verhaltensauffälligkeiten:

Vor den Versuchen

Ben hatte ja bereits Erfahrungen mit der Versuchsanordnung, sein Verhalten bei der Zweifachwahl schien der Lösung schwieriger Aufgaben nicht gerade förderlich zu sein, doch war er wiederum längst nicht so unruhig wie Hoss. Ben war innerhalb der Vierergruppe Nr. 2, er wurde von keinem anderen Raben, auch nicht von Hoss, den er weitgehend respektierte, übermäßig aggressiv behandelt. Ben war recht zutraulich, lediglich der Tatsache, daß Hoss Annäherungen an den Untersucher nicht so "gerne sah", ist es zu verdanken, daß er nicht noch viel zahmer geworden ist. Immerhin kam er aber auf die Hand, wenn auch etwas zögernd. Ben schrie wenig, flatterte allerdings im Wohnkäfig ziemlich wild umher, wenn er gestört wurde.

Während der Versuchszeit

Es erübrigt sich fast zu sagen: Die Fahrt zwischen den Räumen nahm gerade ihn besonders mit, allerdings beruhigte sich Ben allmählich

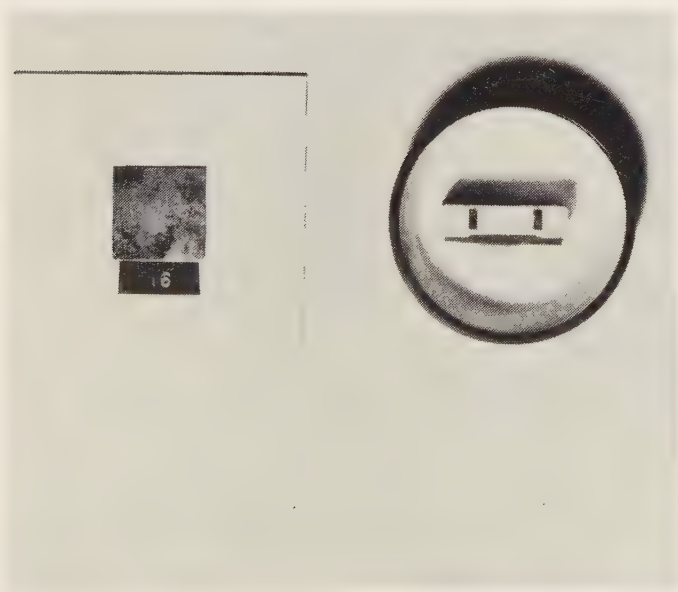
(wie auch Adam) im Versuchskäfig sehr schnell. Zwischen den einzelnen Wahlen verhielt er sich ziemlich ruhig, er schrie selten im Versuchskäfig.

Während der Wahl

Das Wahlverhalten wurde zunehmend stereotyper: Sofort nach dem Hochziehen der Käfigtür durchquerte Ben die Schleuse in Richtung auf den linken Napf. Er guckte weder nach rechts noch links, zögerte nicht, sondern ging schnell und "zielstrebig" auf den linken Napf zu, schob den Deckel mit geschlossenem Schnabel nur leicht zur Seite, ging dann 2-3 Schritte rückwärts, drehte sich eingangs der Schleuse um und verschwand im Wohnkäfig.

In der bereits zitierten 59er-Serie (59 mal hintereinander links = falsch gewählt) suchte er nur noch die linke Seite auf, ging also ohne Köder wieder zurück, da er in dieser Phase den beköderten Napf nicht mehr öffnete. Nach Erreichen einer derart extremen Seitenstetigkeit (Versuch Nr. 961), wurde eine Änderung im Versuchsablauf vorgenommen, die sich als äußerst glücklich herausstellen sollte: In dem sog. Negativnapf, der also unbeködert blieb, wurde ein Magnet befestigt. (Abb. 4) Ferner wurde jeder Plexiglas-Deckel auf der Unterseite mit einer kleinen Metallplatte versehen. Vor allem bei der späteren Sechsfach-Musterwahl bewährte sich diese Methode recht gut. Doch auch bei Ben wirkte diese Versuchsänderung insofern Wunder, als er bei den restlichen 300 Versuchen nur noch einmal wirklich seitenstetig wurde, als er nämlich 19 mal hintereinander nach rechts ging.

Abb. 4 : Napf mit Magnet,
Deckelrückseite mit Metall-
plättchen und lfd. Nummer.



Da die "unsystematische" Dressur dem Untersucher mehr Freiheiten bot, wurde einiges versucht, um der Seitenpräferenz entgegenzuwirken. Ein Versuch dieser Art ist in Abb. 5 dargestellt.

In insgesamt 50 Versuchen konnte folgendes "Gesetz" ermittelt werden: Ben ging nach links, und zwar immer. Die normale Anordnung war so, daß die Entfernung zu beiden Näpfen gleich groß war, wenn er ungefähr in der Mitte des Versuchskäfigs eintraf. (Würde er sich eng an die Schleusenwand drücken, so wäre der rechte Napf für ihn näher gewesen. Das machte er später bei der Sechsfach-Musterwahl !). Dann wurde der linke (bevorzugte) Napf auf einer Kreisbahn (Mittelpunkt = Zentrum des Musters) von Ben wegbewegt, der nicht bevorzugte rechte Napf entsprechend näher. Die Standorte wurden markiert. In 3 Durchgängen wurden so die Näpfe, ausgehend von der Normalstellung, verschoben. Das Ergebnis war sehr deutlich: Erst wenn der rechte Napf - bezogen auf die Normallage - sich um 60° verschoben hatte, also fast vor seinen Füßen lag, dann ging er nicht mehr nach links. (Dann hätte er mindestens 30 cm mehr laufen müssen).

Zweifellos würde eine Verhaltensanalyse von über 1200 Versuchen Seiten füllen, da dies jedoch den eigentlichen Hauptversuchen, der Sechsfach-Musterwahl vorbehalten sein soll, mögen an dieser Stelle nur noch wenige punktuell berichtete Beobachtungen, die für die spätere Argumentation von Bedeutung sind, genügen.

1. Versuch Nr. 16:

Wählt rechts (falsch) und geht zurück; inzwischen Seitenwechsel, jetzt "rechts" richtig. Ben wählt links, streckt sich,

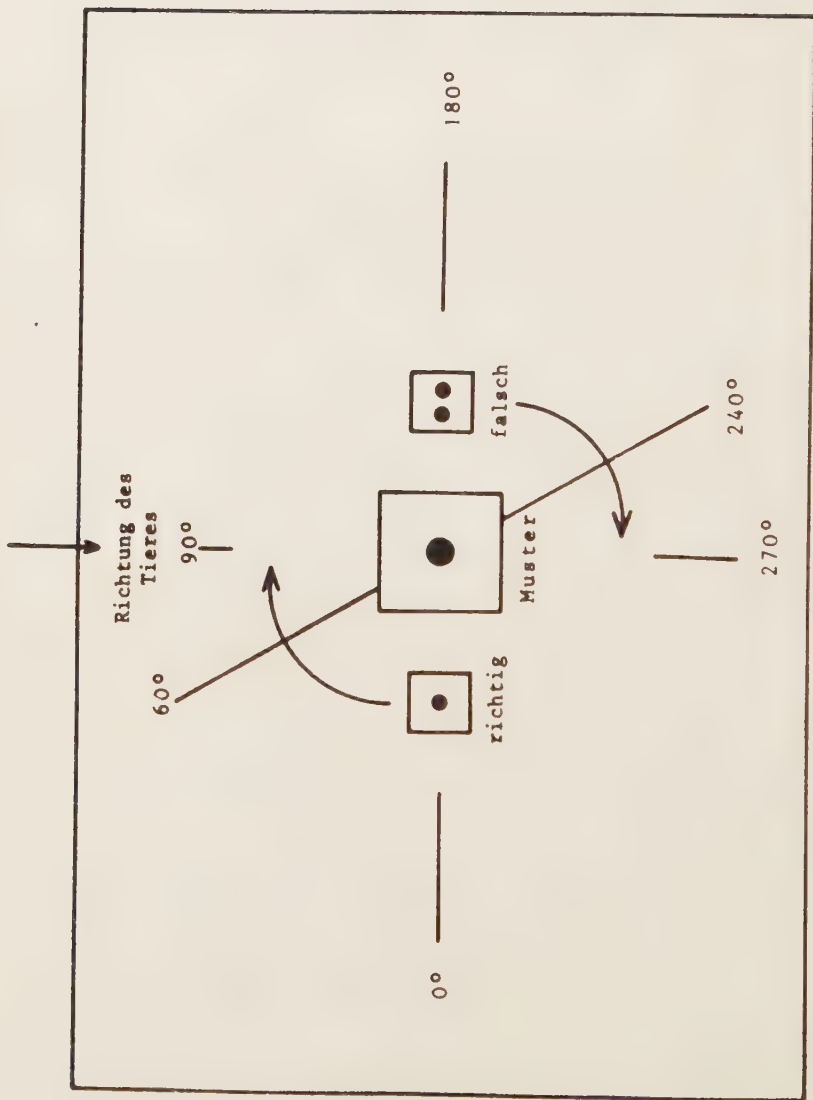


Abb. 5: Seitenstetigkeit bei Lageveränderung (Ben)

blickt auf, blickt "böse" umher, dreht sich um zur Tür und pickt mit größter Vehemenz ins Türholz.

2. Versuch Nr. 29:

Der 3. Fehlversuch hintereinander. Pickt heftig und häufig ins Türholz.

3. Versuch Nr. 36:

Tippt falschen Deckel eben an, öffnet ihn aber nicht.

Guckt auf das Muster, öffnet den anderen Napf.

4. 5 Versuche zwischen Nr. 50 und Nr. 100:

Geht zum falschen Napf, berührt den Deckel ganz leicht oder aber pickt "vor" dem Deckel in die Luft, vollführt Intentionsbewegungen, betrachtet zwischendurch das Muster, wählt den anderen Napf.

5. Versuche zwischen Nr. 140 - Nr. 150:

Bringt den Köder vom letzten Versuch aus Wohnkäfig wieder mit in den Versuchskäfig. Legt ihn vor den Näpfen hin.

6. Versuche mit Beköderung des Musters (insgesamt 500) bringen keine Verbesserung in der Leistung. Der Muster-Köder wird nach kurzer Zeit nicht mehr beachtet, später nur noch n a c h der eigentlichen Wahl ab und zu mitgenommen.

7. Bei insgesamt 100 Versuchen wurde "Scheuchen" eingeführt. Bei dem bereits vorhandenen Ausmaß an Störreizen gewiß keine geniale Idee. Da ferner das Resultat der Scheuchungen desto schlechter ausfällt, umso schwieriger die Aufgabe ist, muß man doppelt vorsichtig damit umgehen. An plötzliche Geräusche gewöhnte sich Ben eigenartigerweise sehr

schnell, das beeinträchtigte ihn nach einer gewissen Gewöhnungszeit kaum, wurde dagegen (ähnlich wie bei KOEHLER) ein flattriger Gegenstand ins Gesichtsfeld eingeführt, so reagierte er panikartig. Auf der Basis dieser Erfahrungen beschlossen wir daher, in Zukunft auf "Scheuchen" zu verzichten.

8. 13 Versuche zwischen Nr. 676 - Nt. 700:
Geht nach links, pickt über dem Deckel in die Luft, geht dann nach rechts. Diese Bewegungsabfolge kehrte später, wenn auch seltener, wieder.

c) Interpretation:

Trotz zahlreicher Versuche, dem entgegenzuwirken, hat Ben eine Links-Seitenstetigkeit entwickelt. Diese Seitenpräferenz ist ausgeprägter als bei allen anderen Tieren. Es mag eigenartig klingen, trifft aber den Sachverhalt, daß diese Seitenpräferenz in einem gewissen Ausmaß auch l a g e - i n v a r i a n t ist. Ob nun die Näpfe leicht gedreht wurden um den Mittelpunkt des Musters, oder in eine Käfigecke gelegt wurden, ob sie also nah oder entfernt aufgestellt wurden, immer blieb die "Tendenz nach links" bestehen.

Trotzdem zeigte manches Verhalten an, daß keineswegs "erwartungslos" konstant einseitig gewählt wurde. Beispiel (1) und (2) bestätigen dies. Auch die bereits angeführten Intentionsbewegungen (4) wären hier zu nennen: Sie gelten gemeinhin als die Vorläufer für ein (oft steiles) Ansteigen der Lernleistung, werden als Umstrukturierungspunkte gekennzeichnet. Solche Phasen werden auch als VTE-Phasen bezeichnet (Vicarious trial and error laerning).

Dennoch bestand nicht die geringste Hoffnung auf einen dauerhaften, konstanten Lernerfolg, der zur Erreichung des ursprünglichen Zieles der Arbeit notwendig gewesen wäre. Lediglich der Magnetverschluß des Negativ-Napfes ließ uns für weitere Versuche hoffen. Bei den ersten Versuchen mit dieser Methodik versuchte Ben immer intensiver und rabiater den Napf zu öffnen, bis er ihn schließlich samt Deckel in die Ecke feuerte. (Der Magnet hielt glücklicherweise). Die Verhaltensänderung nach Einführung des Magnetverschlusses ist insofern interessant, weil es allen Tieren vergleichsweise wenig ausmachte, einen Napf zu öffnen und diesen leer vorzufinden. In solchen Fällen waren selten (Ausnahme Ben) starke emotionelle Reaktionen festzustellen. Es war jedoch mit hoch aktiven Reaktionen verbunden, wenn ein Napf nicht geöffnet werden konnte. Es wäre durchaus möglich, daß durch diesen Eingriff die Tiere mehr auf das Ziel gelenkt worden sind, auf Hinweise zu achten, die es ermöglichen, d e n Napf herauszufinden, den man ö f f n e n kan. Auch in "freier Natur" hat ein Rabe bei der Futter-suche nicht immer Erfolg, insofern mag die ursprüngliche Methodik zu wenig motivierend gewesen sein. Außerdem wird durch den Magnetverschluß noch deutlicher der Kontrast zwischen Negativ und Positiv herausgehoben.

Tier: Hoss

Lernart: "unsystematisch"

Ergebnis:

a) Leistungsbereich:

An 6 von 28 Versuchstagen war Hoss zu keiner einzigen Wahl zu bewegen, an den restlichen 22 Tagen absolvierte er zwischen 3 und 33 Wahlen, insgesamt 323.

Für Hoss gilt im Prinzip das gleiche wie für Adam: Das Prinzip der Musterwahl wurde über die Gesamtdauer der Versuche nicht befolgt, allerdings erreicht er innerhalb einer Serie von 30 Versuchen (Versuche Nr. 102-131, durchgeführt an einem Versuchstag) Positivwerte, die vermuten lassen, daß das Gesetz der Musterwahl "ahnungsweise" repräsentiert gewesen sein könnte.

Hinsichtlich der Seitenstetigkeit hat uns Hoss nicht "enttäuscht", wenngleich er etwas mehr variierte als Adam: Hoss begann mit einer Rechtspräferenz (s.Tab.3), wechselte nach 36 Versuchen mehr nach links, tendierte von Versuch Nr. 127 an wieder leicht nach rechts, um dann von Versuch Nr. 181 an bis zum Versuchsende (323) die linke Seite zu bevorzugen. Insgesamt ergibt sich (s.Tab. 4) eine deutliche Linkspräferenz.

b Verhaltensauffälligkeiten:

Vor den Versuchen

Von der Körpergröße her waren Adam und auch Ben größer, aber Hoss war der Aktivste und wohl auch Frechste. Seine vorrangige Stellung wurde in sehr verschiedenen Situationen so deutlich, daß man ihn ziemlich sicher als den

laufende Nummer der Versuche	Anzahl der Versuche	davon richtig gelöst	falsch gewählt	rechts gewählt	links gewählt	Bemerkungen
1 - 323	323	158	165	121	202	$p < 1 \% (s. s.)$
104 - 114	11	10	1	4	7	$p < 1 \% (s. s.)$
102 - 131	30	21	9	11	19	$p < 5 \% (s.)$

Tab. 3: Hoss: Zweifachwahl mit Muster

2 : 1 (je nach Muster 2 oder 1 positiv)

Laufende Nummer der Versuche	Anzahl der Versuche	davon richtig gelöst	falsch gewählt	rechts gewählt	links gewählt	Bemerkungen
1 - 36	36	16	20	26 ¹⁾	10	1) rechtsstetig p < 1 % (s. s.)
37 - 126	90	48	42	27	63 ²⁾	2) linksstetig p < 1 % (s. s.)
127 - 180	54	22	32	34 ³⁾	20	3) Tendenz nach rechts p 10 % (t.)
181 - 323	143	72	71	34	109 ⁴⁾	4) linksstetig p < 1 % (s. s.)

Tab. 4: Hoss: Verlauf der Seitenstetigkeit

Ranghöchsten bezeichnen konnte. Ungestraft und belästigt durfte er als erster ans Futter, reservierte sich alle Leckerbissen, nahm engen Kontakt zum Untersucher auf, explorierte als erster, genoß vorrangig das Spielzeug usw. (In der Volière befanden sich Bälle, Ketten und Holzkugeln, mit denen sich alle vier Raben häufig "beschäftigten"). Hoss kam gern und häufig auf den Arm des Untersuchers geflogen, jaunzte und winselte mit "verzückt" geschlossenen Augen und leicht gesperrrtem Kopfgefieder. Er war bei weitem der Zahmste und Zutraulichste von allen. Anfangs konnte man ihn bedenkenlos auf dem nackten Arm sitzen lassen, doch später machte er es sich zur Angewohnheit, ab und zu "herzhaft" in den Arm oder die Hand zu picken. Deshalb war für Hoss das Vergnügen des "Arm-sitzens" später nur noch mit Lederjacke und Stulpenhandschuhen möglich. Die größte Faszination übte aber die Brille des Untersuchers auf ihn aus. Immer wieder versuchte er, quasi "unbemerkt", sich auf den Arm ganz langsam vorzuschieben, um die Brille zu erreichen. Dann schob der Untersucher seinen freien Arm zwischen seinen Kopf und den Arm, auf dem Hoss saß, so dass er auf den anderen Arm sprang und das Spiel begann von vorn.

Als "Chef" der Truppe war Hoss immer der erste, der mit einem durchdringenden Feindruf Alarm schlug. Das tat er auch dann, wenn eins der anderen Tiere gefangen werden mußte.

Während der Versuchszeit

Hoss war so etwas wie der " Zappelphilipp " der Gruppe. An Versuchstagen führte er schon beim Betreten des Raumes einen " Affentanz " auf, sprang wie verrückt umher, schrie und

krächzte. Auf der Fahrt zum Versuchskäfig gebärdete er sich wie wild, und das hielt leider auch im Versuchsraum selbst an. Wenn der Wohnkäfig dann an der Schleuse zum Versuchskäfig stand, sprang Hoss an der von der Schleuse entfernten Wand unermüdlich hin und her. Während der gesamten Versuchszeit saß Hoss wirklich kaum eine Sekunde still, er war immer in Bewegung. Das galt auch für Pausen zwischen zwei Wahlen.

Verhalten bei der Wahl

Die Varianz im Verhalten bei der Wahl selbst war so gering, daß man es an einem Beispiel gut verdeutlichen kann:

Hoss ist im Wohnkäfig, die Tür zum Versuchskäfig ist hochgezogen. Er rast im Wohnkäfig an der rückwärtigen Wand hin und her und blickt sozusagen im Vorbeihüpfen in den Versuchskäfig. Nach etwa einer Minute bleibt er kurz in der Mitte des Wohnkäfigs stehen, unterbricht sein rastloses Hüpfen und fixiert die Versuchsanordnung. Nach 2 - 3 Sekunden fährt er mit dem Umherjagen fort. Das wiederholt sich einigemal. Dann blickt er wieder auf die Versuchsanordnung, springt plötzlich in zwei Sätzen vor die Näpfe, stoppt ganz kurz davor ab, blickt noch einmal ganz kurz auf Muster und Napfdeckel, und fegt dann sehr heftig mit geschlossenem Schnabel einen Deckel weg. Fast noch schneller ist er dann wieder zurück.

Gegen Störreize ist Hoss ausgesprochen anfällig, zudem nimmt er lauthals Kontakt zu seiner Gruppe auf. Es schien so, als würden ihn die Versuche belasten, er machte einen "gehetzten" Eindruck.

Gegen Ende der Versuche zur Zweifach-Musterwahl zeigte er ein Wahlverhalten, das - verglichen mit den anderen Tieren - einmalig war: Er hüpfte in zwei riesigen Sätzen zuweilen h i n t e r die Versuchsanordnung, also über die Näpfe hinweg, oder aber er sprang auf die Näpfe drauf. Es kam vor, daß er einen Deckel wegheben wollte, auf dem er selbst stand. Eine Zeitlang blieb er ohne zu wählen in einer Ecke des Versuchskäfigs stehen, laut - und bewegungslos. Ihn da wegzuscheuchen, war im Höchstgrade "gefährlich", denn dann "verweigerte" er für die nächsten Tage jegliche Wahl überhaupt.

c) Interpretation:

Zum Zeitpunkt des Abbruchs der Zweifach-Musterwahl sagte ich Herrn Prof. Witte gegenüber, daß ich bei Hoss das unbestimmte Gefühl habe, er könnte das Prinzip der Musterwahl erfaßt haben, um es jedoch auch anzuwenden, sei er viel zu unruhig. In der Tat war Hoss der einzige, bei dem man mit sehr großer Gewißheit feststellen konnte, daß er Muster und Napfdeckel anguckte und verglich. Man gewann mehr und mehr den Eindruck, daß sein Verhalten beim Napföffnen immer "lässiger" wurde. Je nachdem wie er gerade stand (auf dieses Phänomen werden wir bei den Hauptversuchen noch genauer eingehen), konnte es durchaus vorkommen, daß er der Einfachheit halber "um sich pickte", und zwar so, daß beide Deckel in hohem Bogen wegflogen. Damit war das Ziel in jedem Fall sofort erreicht. (Das wurde erst anders, als der Negativnapf mit einem Magnet verschlossen wurde). Bei solchem Verhalten war völlig klar, daß Hoss die Zweifach-Musterwahl in dieser

Form ("unsystematisch") nicht befolgen würde; daß er sie nicht l e r n e n würde, ist damit nicht gesagt, denn das Prinzip hatte er m.E. "erahnt" (wie dann die Ergebnisse bei der Sechsfach-Musterwahl tatsächlich bestätigen sollten).

Tier: Adam

Lernart: " unsystematisch "

Ergebnis:

a) Leistungs_bereich:

Die Auflistung der Ergebnisse in Tab. 5 zeigt, daß Adam das Prinzip der Musterwahl nicht befolgt hat. (Es wäre sachlich nicht exakt zu sagen, er hätte das Prinzip nicht gelernt; noch unkorrekter wäre die Behauptung, er hätte zufallsmäßig gewählt. An anderer Stelle werden diese Bemerkungen wieder aufgegriffen werden müssen).

An 8 von 26 Versuchstagen war Adam zu gar keinem Versuch zu bewegen, an den verbleibenden 18 Versuchstagen absolvierte er zwischen 4 und 40 Versuchen, insgesamt 243.

Innerhalb einer Serie (Versuche Nr. 111 - 130) löste Adam 16 von 20 Aufgaben richtig. Bei den beiden letzten (falschen) Wahlen reagierte er deutlich verlangsamt und "unkonzentriert". Unter Weglassung dieser beiden Wahlen käme man sogar auf ein Verhältnis von 18:16, d.h. von 18 Wahlen wären 16 richtig gewesen.

Nun, auch hier geht es nicht darum, mit aller Hilfe der Statistik nachzuweisen, daß Adam das Prinzip befolgt hat, man darf jedoch vorsichtig folgern, daß zumindest an diesem Tag

Laufende Nummer der Versuche	Anzahl der Versuche	davon richtig gelöst	falsch gewählt	rechts gewählt	links gewählt	Bemerkungen
1 - 207	207	105	102	134 ¹⁾	73	1) $p < 1\%$ (s.s.)
208 - 243	36	18	18	36 ²⁾	0	2) $p < 1\%$ (s.s.)
111 - 130	20	16 ³⁾	4	10	10	3) $p < 1\%$ (s.s.)

Tab. 5: Adam: Zweifachwahl mit Muster, Muster 2 : 1

(je nach Muster 1 oder 2 positiv)

das Prinzip der Musterwahl irgendwie mehr oder weniger deutlich erfaßt gewesen sein mag. Immerhin bestanden die 16 richtigen Lösungen aus 2 Sechserfolgen und einer Viererfolge, ferner waren von 7 Seitenwechseln des Positivnapfes 6 korrekt nachvollzogen. All dies ist (bezogen auf die Versuche dieser Serie) statistisch sehr bedeutsam. Wir wollen die Analyse dieser ausgesprochen kleinen Serie nicht zu weit treiben, vielleicht darf man aber doch von einer "Ahnung" des Prinzips der Musterwahl sprechen.

Adam sollte bekanntlich "unsystematisch" lernen, d.h. unter anderem nach vorbestimmtem Seitenwechsel. Das bedeutet wiederum, daß beim Auftreten von Seitenstetigkeit keine Korrektur möglich war (überwiegende Beköderung der nicht bevorzugten Seite).

So mußte der Beobachter bei Adam leider mitansehen, wie dieser nach und nach rechts-seitenstetig wurde. Bei Versuch Nr. 60 begann die Seitenstetigkeit, wurde unterbrochen von der bereits geschilderten positiven Seite, setzte sich dann fort bis Versuch Nr. 145, wurde anschließend wieder etwas geringer bis Versuch Nr. 160, "blühte" dann aber erneut wieder auf, wurde immer prägnanter, um dann bei den letzten 36 Versuchen in völlige Rechts-Stetigkeit zu münden. Vergessen wir dabei nicht, daß beim "unsystematischen" Lernen auch bei konstanter Seitenpräferenz bei 50 % aller Wahlen mit Futter und damit Belohnung gerechnet werden konnte.

b) Verhaltensauffälligkeiten:

Vor den Versuchen

Adam könnte man am besten so charakterisieren: Zurückhaltend, aber nicht scheu und ängstlich. Adam war der größte aller Raben und besaß gegenüber den anderen Raben ein ausgesprochen langes dichtes Gefieder. Innerhalb der Vierergruppe machte sich eine zunehmende Bindung an Little Joe bemerkbar, Hoss und Ben dagegen ging Adam meistens aus dem Wege. Er kümmerte sich nicht um sie, diese wiederum kümmerten sich nicht um ihn. Adam war (wohlmöglich auch wegen seiner Größe) kurz vor der Einzelunterbringung der einzige, der nicht (wie die anderen) in zahllosen Reibereien " Federn gelassen " hatte.

Während der Versuchszeit:

Wie schon gesagt, besonders schreckhaft war Adam nicht, allerdings behagte auch ihm der Transport zwischen Wohnraum und Versuchskäfig überhaupt nicht. Das war wohl auch nicht anders zu erwarten. Er flatterte wild umher während der Fahrt, beruhigte sich aber - entsprechend seiner sonstigen "Grundstimmung" - ausgesprochen schnell, wenn er im Versuchskäfig angekommen war. Den dreisilbrigen Feindruf hört man selten von ihm. Adam ist eindeutig identifizierbar an einem Verhalten, das die anderen Raben nie zeigen: Angesichts der Versuchsanordnung zeigt er Drohverhalten. (Ducken, Flügelspreizen, Gefiedersperren, Grolaute). Zwischen den Wahlen ist er erheblich ruhiger als die anderen, er hüpfte im Wohnkäfig nicht wild herum, vielmehr bleibt er direkt hinter der Tür, also in der Schleuse, ganz ruhig stehen, lediglich leise " Grolaute " äußernd.

Bei der Wahl

Adam nähert sich langsam aber stetig den Näpfen, wobei man den Eindruck hat, daß er hin und wieder auch direkt zum Muster blickt, Napfdeckel und Muster vergleicht. Fast bedächtig "wackelt" er bis zu den Näpfen. Er bleibt relativ weit vor den Näpfen stehen, so daß er sich strecken und bücken muß, um den Napfdeckel abheben zu können. Er tut das auf zwei Arten: Entweder fegt er mit geschlossenem Schnabel den Deckel weg, oder er nimmt den Deckel in den leicht geöffneten Schnabel und hebt ihn ab. Interessanterweise (bezüglich der Rechts-Präferenz) steht Adam in der Regel in der Mitte vor beiden Näpfen, den Körper jedoch leicht nach links gedreht. Trotz dieser Stellung wählte er dann aber häufiger den rechten Napf.

Wenn er falsch gewählt hat, öffnet er nur Bruchteile einer Sekunde später den zweiten Napf. Würde man statt der Korrekturmethode (wie hier, wo das Tier nach Öffnen des Negativ-Napfes noch den Positiv-Napf öffnen darf) die Nicht-Korrektur-Methode angewandt haben wollen, bei Adam wäre es zum Problem geworden, weil er quasi in einem "Atemzug" beide Näpfe öffnen konnte. Traten Störreize auf zwischen zwei Wahlen, während also Adam in der Schleuse wartete, dann war er leicht irritierbar und verweigerte häufig die weitere Mitarbeit. War er dagegen gerade im Begriff zu wählen, dann konnten ihn im Gegensatz zu den anderen Raben Störreize kaum etwas anhaben. Wenn Adam keine Lust mehr hatte, weitere Wahlen durchzuführen, konnte man ihm das deutlich anmerken: Wurde die Tür hochgezogen und Adam blickte zu den

Näpfen hin, dann durfte man mit einer weiteren Wahl rechnen; blickte er aber "demonstrativ" weg von der Versuchsanordnung, dann nützte auch 15minütiges Warten nichts, er kam nicht mehr. Ähnliche Anzeichen für Wahlmüdigkeiten gab es auch bei den anderen Raben.

c) Interpretation

Verglichen mit dem Verhalten von Little Joe war das Adams eher dazu angetan, die Musterwahl zu lernen. Zwischenzeitlich sah es ja auch ganz so aus, als ob er Fortschritte machen würde, doch schließlich siegte die Seitenpräferenz. Raben sind natürlich ausgesprochene "Augentiere", d.h. sie sehen so gut, daß man einfach nicht abschätzen kann, inwieweit auch das unbeködete Muster erfaßt wurde, auch wenn es nicht direkt aus der Nähe inspiziert wurde. Da es aber mitten im Blickfeld lag, darf man annehmen, daß auch das Muster wahrgenommen wurde. Für die große Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Seitenstetigkeit lieferte auch Adams einen Beweis. Daß dann die Seitenstetigkeit bei zufälligem Wechsel (unsystematisches Lernen) gewissermaßen "von selber" wieder verschwindet, scheint ziemlich ausgeschlossen, denn bei diesem System wird die Seitenpräferenz zu 50 % "intermittent" verstärkt, eine "Ausbeute" also, mit der ein Rabe durchaus "zufrieden" sein kann. Interessant wäre die Frage, ob ein Rabe nicht auch ohne Druck absolute Seitenpräferenz bald aufgeben würde. Man könnte gerade bei höheren Tieren einen "Drang" nach Veränderungen annehmen, der langfristige Stereotypen verhindert. Die (psychische) Sättigung könnte einer (neurophysiologischen) Hemmung entsprechen.

Tier: Little Joe

Lernart: " systematisch

Ergebnis:

a) Leistungsbereich

Der Leser wird sicher schon eine Tabelle mit den Ergebnissen Little Joes vermißt haben. Der Grund ist folgender: Innerhalb von 9 (neun !) Monaten hat Little Joe insgesamt 22 gültige Versuche durchgeführt. Innerhalb von 4 Wochen (etwa in der Mitte der neunmonatigen Versuchszeit gelegen) machte er an 5 Versuchstagen jene 22 Versuche (1,6, 3,11, 1=22). Gewiß ein höchst auffallendes Resultat, das eine Begründung fordert:

b) Verhaltensauffälligkeiten

Der eigentlichen Versuchsphase ging - wie bereits berichtet - eine längere Eingewöhnungszeit voraus, in der alle 4 Raben in einer geräumigen Zimmervolière untergebracht waren. Für Little Joe hatte sich nach mehreren Wochen folgendes Bild bezüglich seiner Position in der Vierergruppe ergeben: extrem ängstlich; auch gegenüber dem Versuchsleiter; kam nur dann ans Futter heran, wenn mindestens vier einzelne Futterportionen vorhanden waren; wurde von Hoss permanent herumgejagt, später auch "gerupft" (worauf die Trennung erfolgte); von Ben wurde Little Joe nur dann attackiert, wenn er ihm zu nahe kam; Hoss dagegen griff ihn auch aus größerer Entfernung an; lediglich Adam duldet ihn neben sich, verjagte ihn aber auch ab und zu; körperlich machte Little Joe während dieser Zeit einen etwas schwächlichen Eindruck, er war auch deutlich der

Kleinste von allen. Gegen Ende der Eingewöhnungszeit hatte sich das Bild nicht wesentlich geändert, lediglich der Kontakt zu Adam war sehr viel enger geworden, die beiden saßen sehr viel nebeneinander.

Würde man jedem Tier innerhalb der Vierergruppe einen Rangplatz zuteilen müssen, so würde Little Joe zweifellos den letzten Rangplatz zugesprochen bekommen. In allen denkbaren Situationen (Fütterung, Kontakt zum Pfleger, Beschäftigung mit interessantem Spielzeug, Erkundung unbekannter Räumlichkeiten) war Little Joe der "Letzte". Auffallend war hierbei, daß er ausgerechnet für den Ranghöchsten, für Hoss der Prügelknabe war. Dieses Verhalten ist - verglichen mit dem Verhalten in freier Natur - sicher nicht ganz "normal", d.h. eher Auswirkung räumlicher Bedingungen.

Nach der Trennung und Einzelunterbringung der Tiere (Adam und Little Joe waren in Käfigen nebeneinander untergebracht, um durch die Drahtgitter wenigstens etwas Kontakt aufrecht erhalten zu können; dasselbe galt für Hoss und Ben, die ebenfalls eine gewisse Affinität zueinander gezeigt hatten) versuchte ich, den Kontakt zu Little Joe zu intensivieren, ihn ebenfalls zahmer zu bekommen, doch das gelang trotz ausdauernder Bemühungen nur ganz bedingt.

Verhalten in der Versuchszeit

Die Fahrt vom Wohnraum zum Versuchskäfig erfüllte Little Joe noch mehr als die anderen mit Angst und Schrecken. Im Versuchsraum selbst ertönte - im Gegensatz zu seinen "Kollegen" - nur selten irgendein Ruf (auch wenn die anderen Raben von nebenan krächzten). Das Körpervolumen auf ein Minimum reduziert ("Kleinn-Dünn-Werden"), drückte er sich in die äußerste

Ecke seines Wohnkäfigs, möglichst weit entfernt vom Eingang zum Versuchskäfig. Oder aber er raste aufgeregt am Gitter (in seinem Wohnkäfig) entlang. Kein Zweifel, die Versuchssituation war für Little Joe belastend. Unter solchen Umständen in den Dressur-Versuchen fortzufahren, ist sowohl für das Tier als auch für den Experimentator eine fast zu große Belastung. Auf Störreize, deren es ja bekanntlich genug gab, reagierte Little Joe besonders empfindlich.

Verhalten bei der Wahl

Bei den 22 beobachteten Wahlen zeigte sich weitgehend übereinstimmend dasselbe Bild: ähnlich Ben bei der Zweifachwahl näherte sich Little Joe den Näpfen sehr langsam und unendlich vorsichtig, streckte sich sehr weit vor, um an die Näpfe heranzureichen (er blieb ziemlich weit davor stehen), und dann raste er in der Regel ganz plötzlich in seinen Käfig zurück. Dieser Vorgang konnte sich bis zu zwanzigmal wiederholen, ehe er dann wirklich mit leicht geöffnetem Schnabel vergleichsweise locker den Deckel wegschob, um dann aber sofort danach ohne Futter wieder zurückzuspringen. Anschließend saß er dann minutenlang fast bewegungslos in einer Ecke seines Wohnkäfigs.

Wegen der geringen Versuchszahl bekam Little Joe auch außerhalb des Versuchskäfigs Fleisch. Auch eine einwöchige Fleischabstinenz (nur täglich ein halbes Ei und ein halber Apfel) ließ Little Joe nicht fleißiger werden.

c) Interpretation

Bei der Interpretation dieses Verhaltens ist es notwendig, spätere Ergebnisse vorwegzu-

nehmen. Interessanterweise hat Little Joe bei der im Anschluß an die Zweifach-Musterwahl stattfindenden viel schwierigeren Sechsfach-Musterwahl am meisten Versuche von allen 4 Tieren gemacht.

Nach Beendigung aller Versuche wurde auch die Einzelunterbringung beendet, so daß alle 4 Raben in einer geräumigen Freiflugvorlière untergebracht werden konnten. Im Rahmen einer Analyse der Gruppendynamik⁺) dieser 4 Tiere zeigte sich zu unserem Erstaunen, daß die ursprüngliche Rangordnung nicht mehr bestand: ganz eindeutig war Little Joe jetzt der Ranghöchste. Hoss dagegen hatte die Rolle des Außenseiters übernommen.

Auf dieser Folie scheint es nicht ausgeschlossen, daß die soziale Stellung zum Zeitpunkt des Versuchsbeginns (und diese Stellung mag die Angst vielleicht als Ursache, bestimmt aber als Folge gehabt haben) ganz wesentlich mit allen Folgen des Versuchsverhaltens bestimmt hat. Daß sich dann im Verlaufe der Einzelunterbringung eine Veränderung - einmal bewußt antropomorph formuliert - im Selbstbild vollzogen hat, bestätigt die Gruppenanalyse nach Beendigung der Experimente. Möglicherweise erklärt sich so, daß Little Joe nach neunmonatiger Weigerung "plötzlich" relativ gut mitmachte.

+) Durchgeführt von N. VOGEL (im Rahmen einer noch nicht abgeschlossenen Zulassungsarbeit für die Diplomprüfung für Studierende der Psychologie, Münster/Westf.

3. Rhythmik bei der Zweifach-Musterwahl

Bei der Betrachtung der Ergebnisse der Zweifach-Musterwahl ist ein Phänomen noch nicht diskutiert worden, das zwar schon sehr lange bekannt ist (KRECHEVSKY 1932), jedoch auch heute noch Rätsel bei der Interpretation aufgibt (RENSCH 1973): Es handelt sich um rhythmische Seitenwechsel bei Alternativwahlen. KRECHEVSKY verglich solche rhythmischen Wechsel bei den Wahlen mit den "Hypothesen", die das Tier vor allem dann zu bilden geneigt ist, wenn die Lösung einer Aufgabe nicht auf einem bestimmten System beruht. In neuerer Zeit wurde sogar vermutet, diesem Problem auch mathematisch näherzukommen (LEVINE 1965).

Die Erörterung des Problems, ob und wieweit Tiere bei bestimmten Aufgaben Hypothesen bilden, wird später auf der Basis der Resultate der Sechsfach-Musterwahl vorgenommen, wo allerdings etwas andere Daten vorliegen als hier bei der Zweifachwahl.

An dieser Stelle sollen speziell rhythmische Seitenwechsel bei der Zweifach-Musterwahl untersucht werden.

Mit dieser Fragestellung haben sich schon viele Untersucher beschäftigt (HUNTER 1929; SCHOLE 1934; KARN & MALAMUD 1939; STEWARD & WARREN 1957; JOHNSON 1961; YAMAGUCHI & WARREN 1961; RAHMANN - ESSER 1964). In diesen Experimenten ging es ganz explizit darum, bestimmte Seitenwechsel anzudressieren. SCHOLEs Hühner lernten beispielsweise die Abfolge (die sich wiederholte) rrlrrll ⁺), bewältigten aber nicht die Sequenz rrlrrl. Das aber schafften die Hennen von RAHMANN-ESSER mit einer anderen Versuchsmethodik.

⁺) Abkürzung für "rechts" = r, "links" = l

Insgesamt sieht es so aus, als ob Vögel bei solchen Versuchen besser abschnitten als Säuger. (RENSCH 1973). Das Ziel der Zweifach-Musterwahl ist natürlich ein gänzlich anderes: Hier geht es darum, das Prinzip der Musterwahl zu entdecken und anzuwenden, nicht aber rhythmische Seitenwechsel zu lernen. Erinnert man sich aber, daß die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von rhythmischen Seitenwechseln bei sog. "systemlosen" Aufgaben, also bei solchen, die nicht nach einer fest definierten Regel gelöst werden, erhöht ist, so könnte man auch die Wahlen der Raben bei der Zweifach-Musterwahl auf rhythmische Seitenwechsel untersuchen, weil hier möglicherweise eine subjektive "Systemlosigkeit" vorgelegen haben mag. Kein Rabe hat die Zweifach-Musterwahl statistisch hinreichend gelernt, man dürfte also nicht ausschließen, daß sich bestimmte "Hypothesen" (KRECHEVSKY) in rhythmischen Seitenwechseln niederschlagen. Die Abb. 6 - 8 zeigen recht augenfällig die wesentlichsten rhythmischen Seitenwechsel, die beobachtet werden konnten. Nur solche Seitenwechsel sind hier berücksichtigt, die sich praktisch nicht aus der objektiven (vorgelegten) Seitenabfolge ergeben. Es dürfte klar sein: würde der Positivnapf abwechselnd 7 mal links und 7 mal rechts stehen, und würde das Tier immer richtig wählen, so ist der Seitenwechsel eher Funktion der Einsicht in das Lösungsprinzip (s.a. FRIEDE 1972, S. 396, Tab. 4).

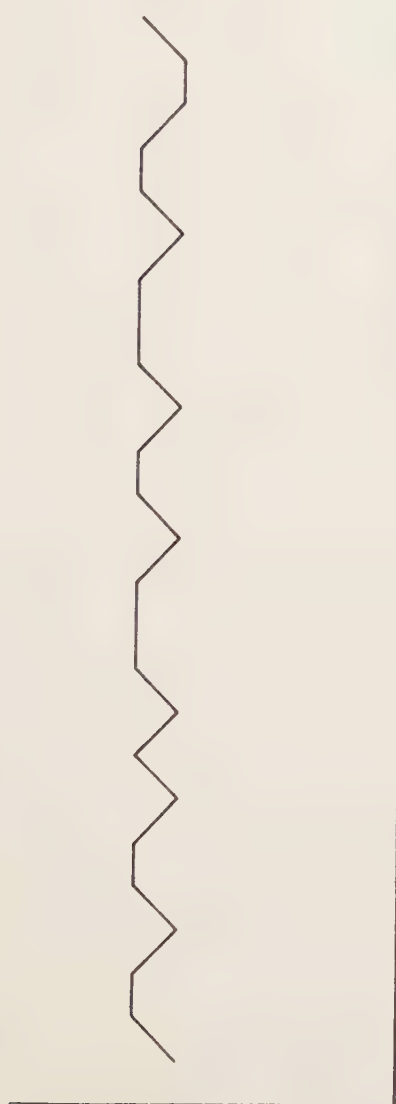
Das wahrscheinlichkeitspsychologische Problem bei der Betrachtung von rhythmischen Seitenwechseln besteht in unserem Falle natürlich darin, daß die Versuche nicht in bestimmten

Tier: H o s s

- 119 -

N = 25

Lage der Näfte
links
rechts



Anzahl der Versuche

Abb. 7: Rhythmik bei der Zweifachwahl

Tier: A d a m



Abb. 8: Rhythmik bei der Zweifachwahl

Sequenzen dargeboten wurden. Es fragt sich also, wo beginnt eine Sequenz und wo endet sie. Wir wollen uns deshalb damit begnügen, typische Verlaufsformen herauszustellen.

Schon die Art der graphischen Darstellung der Seitenwechsel, so scheint es, vermittelt einen recht intensiven Eindruck von Rhythmik und spricht wohl für sich selbst.

Hoss läßt rhythmische Seitenwechsel eher vermissen, jedoch in einer einzigen Serie von 25 Wahlen hintereinander zeichnen sich höchst auffällige Strukturen ab. Auf eine Rechts-Wahl folgen eine oder mehrere Links-Wahlen, allein viermal tritt der Wechsel rll auf. Bezogen auf diese Versuchsserie ($N = 25$) ist das sehr auffällig.

Adam zeigt mehrere eindrucksvolle Seitenwechsel: er hat die längsten Serien dauernden Seitenwechsels, der zwar in der Abfolge einfacher ist als ein ungleichmäßiger Seitenwechsel, offensichtlich aber deshalb nicht unbedingt wahrscheinlicher im Auftreten ist (bei unserer Methodik, wohlgemerkt). Immerhin, außer Adam wechselte kein Tier mehr als viermal hintereinander die Seite. Er weist jedoch auch (wie Hoss) Folgen des Typus 1:2 auf, hier rrl. Darüberhinaus sind auch 2:2 - Wechsel zu beobachten, nämlich llrr oder rrrl. Ben schließlich demonstriert ebenfalls den 1:2-Typus, und zwar wählt er dreimal hintereinander in der Folge rll. Das Pendant dazu fehlt auch nicht: rrl, ebenfalls dreimal hintereinander. Auch hier gilt: auffällig ist das mehrmalige aufeinanderfolgende Auftreten bestimmter Wechsel, die vermuten lassen, daß kurzfristig bestimmte Strukturen in Form

einer Sukzessivgestalt herausgebildet worden sind. Es wäre zweifellos zu spekulativ und wohl auch beim derzeitigen Stand des Wissens falsch, wollte man annehmen, das Tier würde bewußt bestimmte Sequenzen "durchspielen".

Dann schiene es fast einfacher, das Prinzip der Musterwahl zu befolgen.

Fast alle Experimente zum Diskriminations-Lernen mit Vögeln haben gezeigt, daß diese sehr leicht orts - bzw. seitenstetig werden können. Speziell bei Zweifachwahlen ist diese "Vorliebe" praktisch unvermeidbar. Man darf also annehmen, daß so etwas wie ein Orts - oder Lage-Analysator mit sehr großer Wahrscheinlichkeit eingesetzt wird, und das vor allem zu Beginn eines Lernprozesses, oder aber, wenn der Vogel das Lösungsprinzip der Aufgabe nicht zu entdecken vermag. So kann es geschehen, daß Tiere in einer einfachen "Lage-Analyse" (ob nämlich der Köder immer rechts oder immer links liegt) sehr bald erkennen, daß die Abfolge der Köder-Lagen eine andere ist. Im Rahmen einer solchen "Lage-Analyse" wäre der nächste Schritt, zu prüfen, ob der Köder vielleicht abwechselnd rechts oder links liegt. Wenn dem so ist, dann lernten Vögel recht schnell dieses Prinzip. Der dauernde Seitenwechsel dürfte aber, bezogen auf die permanente Realisierung, sicherlich komplizierter sein als eine einfache Seitenstetigkeit, die zudem denselben Gewinn ergibt. Die Wahrscheinlichkeit für einen dauernden Wechsel scheint also vergleichsweise niedrig. Damit sich nun kompliziertere und damit unwahrscheinlichere Seitenwechsel ergäben, müßten diese - wie geschehen - andressiert werden. Bei unseren Versuchen zur Zweifach-Musterwahl konnten sich zwar, was doch

recht auffällig ist, komplexere Wechsel kurzfristig bilden, da jedoch das Wechselprinzip nicht stimmte, also die Verstärkung für diese Wechsel nicht ausreichend sein konnte, waren diese nur von vorübergehender Natur. Die Bedeutung der Verstärkung ist in diesem Zusammenhang unter dem Aspekt zu sehen, daß die Anwendung eines komplizierteren Prinzips durch ausbleibende Belohnung gelöscht wird.

Vielleicht darf man die besonders auffälligen rhythmischen Seitenwechsel so interpretieren, daß auf der Basis einer momentan bedingten großen Wahrscheinlichkeit des Einsatzes von Lage - und möglicherweise Lage-Rhythmus-Analysatoren zufällig hiermit einhergehende Verstärkungen kurzfristig ein bestimmtes Seitenwechsel-Prinzip aufbauten, das dann wegen fehlender ausreichender positiver Rückmeldung desto schneller gelöscht wurde, je komplizierter es im Prinzip aufgebaut war.

4. Gründe für die Beendigung der Zweifach - Musterwahl

Der Hauptgrund bestand in der Seitenstetigkeit, die bei allen Tieren (außer Little Joe) zumindest vorübergehend das Wahl-Verhalten kennzeichnete.

Daß die Raben die erwartete Leistung nicht erbrachten, mag eine ganze Reihe von Ursachen gehabt haben, vor allem:

- a) Von den mannigfaltigen Störreizen, denen unsere Untersuchungen ausgesetzt war, sei hier lediglich die räumliche Trennung zwischen Wohn - und Versuchsraum genannt. Die Fahrt zwischen diesen beiden Räumen be-

wirkte bei allen Tieren eine ganz erhebliche, nicht nachlassende Unruhe, die sich mehr oder minder stark auch auf die Versuche auswirkte.

- b) Da ferner kein Raum in der Tierstation des Psychologischen Instituts schallisoliert ist, waren Lautkontakte zwischen dem jeweiligen Versuchstier und den anderen Raben unvermeidbar.
- c) Warum nun gerade Seitenstetigkeit ? Nun, gerade zu Beginn einer Versuchsreihe, wenn also das Lernziel noch längst nicht erreicht, das Lösungsprinzip noch unbekannt ist, mag die Methode des vorbestimmten Seitenwechsels (die zumindest bei den "unsystematisch" Lernenden angewandt wurde) etwas zu schwer sein, so daß Seitenstetigkeit sehr wahrscheinlich wird. Dieser Tatbestand würde jedoch einigermaßen relativiert durch das Wahl-Verhalten von Ben, der zwar "systematisch" lernte, demzufolge bei auftretender Seitenpräferenz quasi einer "Gegendressur" unterzogen wurde, aber dennoch seitenstetig wurde. Nach den bisherigen Untersuchungsergebnissen darf man nämlich durchaus annehmen, daß die Zweifach-Musterwahl mit den Anzahlen "1" oder "2" (die man ja so "unsystematisch" gar nicht darbieten kann wie zu B. Anzahlen von 5 oder 6) vom Raben relativ leicht zu meistern ist.

Doch ziemlich unabhängig von der objektiven Leistung (Anzahl der richtigen Lösungen im Vergleich zu allen Wahlen), der man bei unseren Raben entnehmen müßte, daß sie das Prinzip der Musterwahl nicht g e l e r n t hatten, erschien doch der Leistungsaspekt

dann in einem etwas anderen Licht, berücksichtigte man auch das Verhalten in der Wahlsituation. Danach wechselten die Eindrücke zwischen "er geht sachlich an das Problem heran, vergleicht mehrmals Muster und Napfdeckel" mit "guckt überhaupt nicht auf die Versuchsanordnung, fegt einfach den nächststehenden Deckel vom Napf ". Es gab immerhin kurze Phasen, die auf einen Lernanstieg hoffen ließen: Vor allem bei Ben zeigten sich die für den Beginn eines Lernfortschritts bedeutsamen Intentionsbewegungen (als Zeichen für VTE-Lernen - vicarious trial and error learning). In etwas abgeschwächter Form konnte dieses spezielle Lernverhalten auch bei Hoss und Adam beobachtet werden. Deshalb schlossen wir die Annahme nicht völlig aus, - daß - entsprechend der bereits zitierten Kanarienvogel-Untersuchung- vielleicht bei einigen Tieren das gezeigte Verhalten (overt behavior) nicht identisch wäre mit dem Grad der Einsicht in das Prinzip der Musterwahl.

Unabhängig von dem Problem, in welcher Form sinnvoll mit den vier Raben hätte weiterexperimentiert werden können, schien es angebracht, die Versuche in d i e s e r Art nicht weiter fortzuführen, und zwar aus einem sehr naheliegenden wie einfachen Grund: Das ursprüngliche Ziel der Untersuchung setzte eigentlich voraus, daß Raben die Musterwahl lernen.

Daß Kolkraben 5 von 6 Punkten unterscheiden können, auch wenn diese sich in Form, Lage und Größe unterscheiden, das war bekannt (KOEHLER 1943).

Nach den vorliegenden Ergebnissen hatten wir aber eher den Eindruck, daß unter den gegebenen Umständen die Voraussetzung dieser Unter-

scheidungsleistung kaum oder nur sehr schwer erfüllrbar war, so daß die ursprüngliche Fragestellung mit Sicherheit nicht zufriedenstellend hätte beantwortet werden können.

Die Resignation dauerte nur wenige Tage, dann kristallisierten sich neue Fragestellungen aus den bisherigen (wenn auch recht mageren) Ergebnissen heraus:

VIII. Sechsfach - Musterwahl

1. Einleitung zur Sechsfach - Musterwahl

Das Endresultat der Überlegungen über die Ergebnisse der Zweifach-Musterwahl war dies: Im Bereich des Diskriminierungslernens im weitesten Sinne (auch Zähl-Untersuchungen mögen der Einfachheit halber hier subsumiert werden) dominierte bisher, von wenigen Ausnahmen abgesehen, der Leistungsaspekt, d.h. Ziel fast aller Untersuchungen war, eine bestimmte Unterscheidungsaufgabe zu bewältigen. Es sollte nachgewiesen werden, daß das Tier fähig ist, bestimmte "Muster" wahrnehmungsmäßig zu unterscheiden. Es war häufig mehr ein Experimentieren nach dem Alles-oder-Nichts-Prinzip. Der Lernaspekt, wie also das Tier im Verlaufe von oft einigen tausend Versuchen das Lernziel erreicht (oder auch nicht), war meistens unwichtiger, wenngleich er immer mehr in den Vordergrund rückte (HARLOW 1949, LEVINE 1965, FRIEDE 1970). Wir entschlossen uns also unter völligem Verzicht auf vorher definierte Lernziele, bei weiteren Versuchen das Hauptgewicht des Experiments auf die Verlaufsanalyse des Lernprozesses

zu legen. Dafür schien uns die Zweifach-Musterwahl ungeeignet, weil bei ihr außer Lage - und Reizpräferenzen an weiteren "hypothesenartigen" Verhaltensweisen nicht viel zu beobachten ist, zum anderen hatten die einzelnen Tiere doch schon ganz spezifische Vorerfahrungen mit dieser Methodik. Aus dieser Argumentation heraus war die Sechsfach-Musterwahl "gerade gut genug", d.h. so schwierig, daß mit ziemlicher Sicherheit nicht alle Tiere (bei der noch zu beschreibenden Vorgehensweise) sie würden bewältigen können, andererseits die Hoffnung bestand, daß wenigstens ein Tier die Sechsfach-Musterwahl lernen würde. Gerade für eine Analyse des Lernprozesses wäre es "ideal" gewesen, wenn "Lerner" und "Nicht-Lerner" dabei gewesen wären. Geht es dem Untersucher im wesentlichen um das Lernziel, also Erkennen und Anwenden des Prinzips der Sechsfach-Musterwahl, so wird er während des Lernprozesses bereit sein (müssen), dann und wann die Methodik zu ändern, also dem Tier anzupassen. Wird es seitenstetig, so muß man etwas dagegen tun. Er wird also bemüht sein, innerhalb eines gewissen Rahmens, den sein Untersuchungsziel steckt, variabel zu sein, um sein Versuchstier mit "sanfter Hand" zum Ziel, zum Lernkriterium hinzuführen. Jene angeführte Variabilität gedachten wir unter allen Umständen zu vermeiden. Im Verlaufe des Lernprozesses sollten dem Tier keinerlei Hilfen dargeboten werden. Auf dieser Folie wurde folgender Versuchsplan entwickelt (wobei die einzige "Konzession" an die Methodik der Zweifach-Musterwahl darin bestand, daß auch bei der Sechsfach-Wahl zwei Raben "systematisch" und zwei "unsystematisch" lernen sollten):

- a) Die Anzahlen 1-6 wurden in insgesamt 44 Variationen dargestellt (Abb. 9):

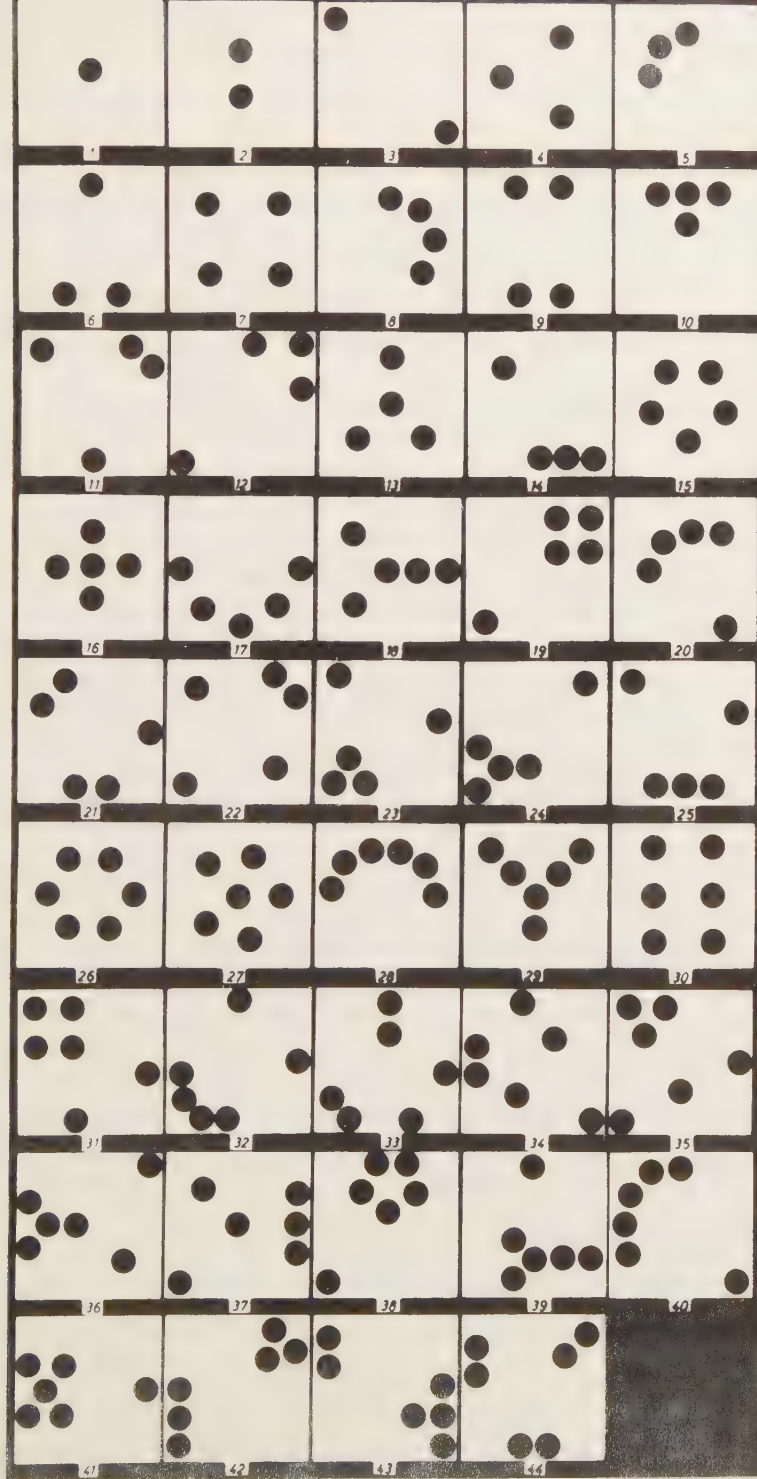
Anzahl der Punkte	Anzahl der Variationen
1	1
2	2
3	3
4	8
5	11
6	19
	44

- b) Wenn jede Variation der Anzahl "6" mindestens einmal im Verlauf einer Versuchsreihe als MUSTER vorkommen soll, ist also 19 mal die Anzahl "6" Muster und damit die richtige Lösung.

Um bei den richtigen Lösungen keine Anzahl zu bevorzugen, müssen dementsprechend die Anzahlen 1-5 ebenfalls 19 mal innerhalb einer Versuchsreihe dargeboten werden. Um aber diese Bedingungen erfüllen zu können, muß eine Versuchsreihe genau $6 \times 19 = 114$ Versuche umfassen. Da die Anzahl "2" nur in zwei Variationen vertreten ist, läßt sich nicht vermeiden, daß dieselbe Variation entweder 10 mal oder 19 mal (Summe = 19) vorgelegt wird. Jede Anzahl sollte also gleich häufig Muster sein.

Würde man die Beziehung zwischen Signalreiz (Muster) und Merkmalreiz (Napfdeckel) ebenfalls systematisiert haben, so hätten sich bei 19 Sextupeln (sechs Elemente bzw. "Punkte" auf einem Muster - bzw. Napfdeckel) insgesamt $19 \times 19 = 361$ Kombinationen ergeben. Aus folgender Erwägung heraus ent-

Abb. 9: Darstellung aller benutzten Variationen mit 1-6 Punkten



schieden wir uns gegen diese Einteilung: die Versuche zur Zweifach-Musterwahl hatten u.a. gezeigt, daß alle vier Raben absolut wenige Versuche durchführten. Um aber den Verlauf des Lernprozesses besser analysieren zu können, waren wir davon ausgegangen, kürzere Versuchsserien auszuwählen (also nicht übermäßig viel zu permutieren), um diese wiederholen zu können. Die Serie sollte lediglich so lang sein, daß einerseits "differentielle Konditionierung" vermieden werden konnte, andererseits bei der Wiederholung einer Serie keine Gedächtnisfaktoren die Analyse des Lernprozesses beeinträchtigen würden. Die auf insgesamt 114 Versuchen aufbauende Serie (Matrix s.u.) schien diesen Anforderungen zu genügen.

- c) Der Positivnapf sollte gleich häufig auf die verschiedenen Lagen verteilt sein. Die Lagen der Näpfe wurden mit "Position" 1-6 bezeichnet, jede Position sollte also gleich häufig "positiv" sein.
- d) Die Kombination der Festsetzungen (b) und (c) würde demnach heißen: Zumindest jede positive Anzahl sollte in jeder Position gleich häufig auftreten. Das läßt sich nicht völlig exakt machen, aber doch so sehr, daß man Artefakte durch differentielle Konditionierung vermeiden konnte. Die hier benutzte Verteilung sieht, in einer Matrix dargestellt, folgendermaßen aus:

	Positive Positionen						Summe
	1	2	3	4	5	5	
Positive	1	4	3	3	3	3	19
Anzahlen	2	3	4	3	3	3	19
	3	3	3	4	3	3	19
	4	3	3	3	4	3	19
	5	3	3	3	4	3	19
	6	3	3	3	3	4	19
Summe	19	19	19	19	19	19	= 114

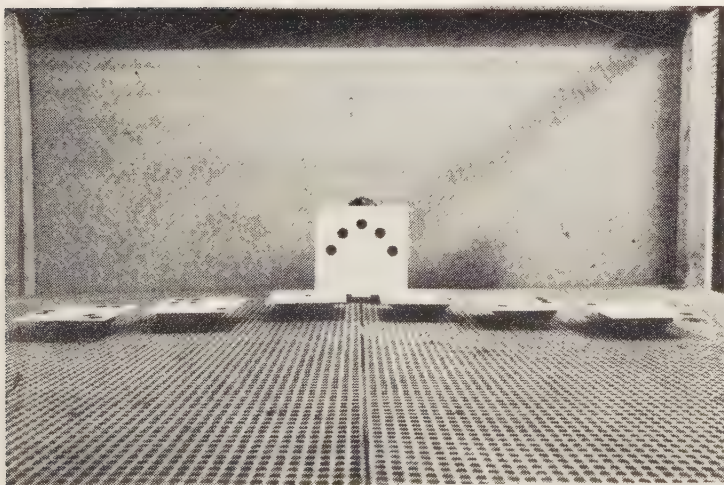
Bei den "systematisch" Lernenden (Ben und Little Joe) wurde zwar auch nach vorbestimmtem Seitenwechsel vorgegangen (auf der Folie der Positiv-Verteilungs-Matrix), es wurden aber nicht alle 44 Variationen benutzt, sondern pro Anzahl (bei Muster - und Napf - Konfiguration) nur eine einzige Darstellung berücksichtigt. Diese ausgewählte Darstellung war schon allein durch ihren figuralen Charakter erkennbar (identisch mit KOEHLERS "Figurenhilfe"), außerdem waren die Anzahlen untereinander eben durch die Gestalt deutlich zu unterscheiden. Die ausgewählten Anzahlen:

Anzahl	Spezielle ausgewählte Nummer
1	1
2	2
3	4
4	7
5	16
6	28

Bei den "unsystematisch" Lernenden (Hoss und Adam) wurden alle vorhandenen Darstellungen der 6 Anzahlen (= 44) entsprechend der Matrix variiert.

- e) Fleischfutter sollte ausnahmslos im Versuchskäfig angeboten werden; Eier, Obst, Gemüse und andere Leckerbissen dagegen nur im Wohnkäfig. Das "tägliche Ei" wurde unmittelbar nach den Versuchen verfüttert.
- f) Es sollte nicht gescheucht werden.
- g) Jedes Tier sollte nur einmal täglich die Möglichkeit zu Versuchen bekommen.
- h) Die jeweiligen Negativ-Näpfe sollten mit einem Magnet verschlossen werden.
- i) Die Anordnung der Näpfe und des Musters sollte konstant gehalten werden, und zwar sollte das Muster hinter (vom Raben aus betrachtet) den Näpfen stehen, die wiederum halbkreisartig zum eintretenden Tier angeordnet waren, damit von der Eingangstür her betrachtet die Entfernung zu jedem Napf etwa gleich groß war (s.Abb. 10).
- j) Bei dieser Anordnung wäre es unsinnig, das Muster in irgendeiner Weise zu beködern, wie KOEHLER es immer hat tun müssen, weil das Muster VOR den Näpfen lag und sonst nicht beachtet wurde. Bei unserer Anordnung hier ist es einfach unvermeidbar, daß der Rabe auf das Muster blickt. Er sieht es sogar erheblich früher als die Punktanordnung auf den Deckeln der Näpfe.
- k) Bei der Zweifach-Musterwahl waren die Tiere darauf dressiert worden, immer dann den Versuchskäfig zu verlassen, wenn sie (an welcher Stelle auch immer) r i c h t i g gewählt hatten. Das hatten sie schnell gelernt. Bei der Sechsfach-Musterwahl sollte ihnen völlig freigestellt werden, wann sie den Versuchskäfig verlassen wollten. Die Tür

Abb. 10: Versuchsanordnung von der Schleuse aus gesehen. (Der Rabe sieht die Napfdeckel jedoch aus einer höheren Position).



zum Versuchskäfig sollte erst dann geschlossen werden, wenn sie ihn verlassen hatten.

- l) Daraus folgt, daß Korrekturen möglich waren, d.h. wenn ein Rabe falsch gewählt haben sollte, könnte er weitere Näpfe öffnen.
- m) Die bei der Zweifachwahl eingeführte "Zeitregel" sollte auch hier gelten: Macht ein Tier mehr als 15 Minuten Pause zwischen zwei Wahlen (oder 15 Minuten Pause v o r der ersten Wahl), so werden für den betreffenden Tag die Versuche beendet.

Diese insgesamt recht "rigide" Methodik hatte den Zweck, das Verhalten der Tiere bei den Wahlen langfristig zu studieren, und zwar ohne direkte und unterschiedliche Eingriffe in den Versuchsablauf.

2. Erwartungen statt Hypothesen

Die Musterwahl ist an sich eine Methodik, die dazu dienen sollte, Aspekte des " unbenannten Zählens " zu erforschen. Sie sollte ermitteln, ob auch bei einer recht komplizierten Methodik Tiere zu genauen Mengenvergleichen in der Lage sind. In dieser Hinsicht war sie gleichsam Differentialdiagnostikum für die Hirnkapazität in der stammesgeschichtlichen Entwicklung. So ist also die Sechsfach-Musterwahl nicht DIE Methode schlechthin, um zu untersuchen, ob Tiere bei komplexen und komplizierten Problemen "Hypothesen" bilden, "Strategien" entwickeln usw.

Dennoch: Das Problem der Sechsfach-Musterwahl scheint geradezu ideal für derartige Fragestellungen, denn sie hat (für Raben) einen

mittleren bis hohen Schwierigkeitsgrad. Von allen Raben würde sie wahrscheinlich nicht gelöst werden, aber auch solche, die sie lösten, würden eine gewisse Zeit dazu brauchen. Die Sechsfach-Musterwahl eignet sich also durchaus recht gut, um Lernprozesse zu studieren.

Wir hofften demnach mit einer gewissen Berechtigung, einen Beitrag zu dem Forschungsbereich leisten zu können, der sich mit "Strategien" (RESTLE 1972) oder "Hypothesenbildung" (LEVINE 1965) bei Tieren beschäftigt.

Trotzdem sollte man Hypothesen nur auf der Basis einer adäquaten Methodik formulieren.

Wir werden also stattdessen einige wenige Erwartungen äußern:

- a) Wenigstens ein Rabe wird das Prinzip der Sechsfach-Musterwahl lernen UND anwenden. Die Auswirkungen der mannigfaltigen Störreize könnten teilweise ausgeglichen werden durch eine Motivationssteigerung. Bedingt würde dies durch:
 - Knapp bemessene Versuchszeiten,
 - Lieblingsfutter (Schweineherz) nur im Versuch,
 - verschlossene (mit Magnet) "Negativ-Näpfe".
- b) Eine Reihe von "Präferenzen" werden den Verlauf des Lernprozesses bestimmen, so z.B. Präferenzen für:
 - Anzahlen (6 oder 4 usw.),
 - Darstellungen der Anzahlen (regelmäßig vor unregelmäßig),
 - Orte, Positionen (Links-Stetigkeit),
 - belohnte Anzahlen, Darstellungen, Positionen usw.

In allen hier genannten Bereichen erwarteten wir ferner bedeutsame interindividuelle Unterschiede zwischen den vier Raben hinsichtlich der Ausprägung derartiger Präferenzen.

- c) Auch vor Erreichen des Lernziels erwarteten wir **k e i n** zufallartiges Handeln.

Das soll zunächst genügen.

IX. Ergebnis der Sechsfach - Musterwahl

Sowohl wegen der besseren Übersicht als auch wegen der Lesbarkeit wird die Analyse wie folgt strukturiert:

Die Gesamtbetrachtung wird aufgeteilt in einzelne, sinnvoll voneinander abgrenzbare Untersuchungsschritte. Ein solcher Untersuchungsabschnitt sei "Programm" genannt. (Insgesamt elf Programme werden "getestet"). In der Überschrift wird jedes Programm inhaltlich gekennzeichnet (z.B. "Reaktionszeit-Programm"). Beschreibung und Interpretation des Verhaltens bei den Versuchen sind dem 1. Programm ("Versuchs-Aktivitäts-Programm") angegliedert.

Die Darstellung des Programms erfolgt nach einem festgelegten Schema:

- a) Untersuchungsfrage_des_Programms:

Welche spezielle Frage soll dieses Programm untersuchen ?

b) Darstellung der Daten:

Wie sind Tabellen oder Graphiken zustandekommen, wie sind sie zu lesen ?

c) Verrechnung der Daten:

Welche Berechnungen sind an den Daten durchgeführt worden ?

d) Aussagemöglichkeiten und -grenzen des Programms:

Inwieweit kann die o.a. Untersuchungsfrage in diesem Programm beantwortet werden, wo liegen die Grenzen der Aussagemöglichkeit ?

Diese Strukturierung soll vermeiden helfen, daß beim Lesen der Eindruck zusammenhanglos aufeinanderfolgender Tabellen entsteht. Sie hat ferner den Sinn, den "Einstieg" in die Daten zu erleichtern.

Folgende Programme wurden durchgerechnet (Kurzfassung):

1. Versuchs-Aktivitäts-Programm.

(Anzahl der Hauptversuche; Anzahl der Wahlen pro Versuch)

2. Musterwahl-Lösungsprogramm.

(Sechsfach-Musterwahl befolgt oder nicht ?)

3. Punktmengen-Präferenzen-Programm.

(Werden bestimmte Punktmengen bevorzugt ?)

4. Positions-Präferenzen-Programm.
(Treten Positionsstetigkeiten auf ?)
5. Positions-Lösungsprogramm.
(Auf welche Positionen verteilen sich richtige Lösungen ?)
6. Verstärkungsprogramm.
(Werden verstärkte Reize und/oder Positionen bevorzugt ?)
7. Positions-Übergangsprogramm.
(Wie groß ist die individuelle Entfernung zwischen den Positionen ?)
8. Zahlgebilde-Präferenzen-Programm.
(Werden bestimmte Zahlgebilde bevorzugt ?)
9. Reaktionszeitprogramm.
(Wie und wann verändern sich die Reaktionszeiten ?)
10. Fehler-Analyse-Programm.
(Wie verhalten sich die Negativwahlen bezüglich ihrer Elementenanzahl zu der bei der richtigen Lösung ?)
11. Präferenzen-Kombinations-Programm.
(Erhöht sich die Wahrscheinlichkeit einer Wahl, wenn ihr mehrere Präferenzen zugrundeliegen ?)

Im Anschluß an dieses Programm werden noch zwei experimentelle Ergänzungsuntersuchungen erörtert.

1. Versuchs-Aktivitäts-Programm

a) Untersuchungsfrage des Programms:

Ein optimaler Lernfortschritt ist u.a. auch davon abhängig, wie viele Versuche pro Versuchseinheit, Versuchseinheiten pro Woche usw. durchgeführt werden (können). Eine sehr geringe Anzahl von Versuchen kann eine Engrammierung wesentlich erschweren. Zur Beantwortung dieser Fragestellungen soll das vorliegende Programm beitragen.

b) Darstellung der Daten:

Tab. 6 gibt für jedes der vier Tiere an, wie viele Versuche es während der Untersuchungszeit machte. Da maximal sechs Wahlen pro Versuch möglich sind, ist es interessant zu wissen, ob alle Tiere gleichermaßen davon Gebrauch machen. Diese Frage beantwortet Tab. 7. Tab. 8 zeigt wiederum für alle Raben auf, wie viele Wahlen insgesamt bei allen Versuchen gemacht wurden.

c) Verrechnung der Daten:

Komplizierte Verrechnungen treten nicht auf. Die verschiedenen Häufigkeiten werden miteinander verglichen (relativer Aspekt), die Anzahlen der Versuche pro Versuchseinheit (=Tag) werden interpretiert (absoluter Aspekt).

d) Aussagemöglichkeiten - und -grenzen des Programms:

Das Programm liefert wesentliche Ergebnisse zur Beantwortung der o.a. Frage. Seine

		Tier				Bemerkungen
		Ben	Hoss	Adam	Little Joe	
1. Versuchsphase	Anzahl der Versuche	222	100	170	233	1) 2) Streubreite wird immer geringer 3) Streubreite wird größer 4) 11mal hintereinander kein gültiger Versuch, durch Geräusch verursacht! 5) zu Beginn der 2. Phase 6) am Anfang und am Ende der Phase 7) alle in der ersten Hälfte der Phase
	Anzahl der Versuchstage	35	35	36	31	
	Anzahl der Versuche pro Versuchstag	6.34	2.85	4.72	7.5	
	maximale Streubreite der Anzahl der Versuche pro Versuchstag	0 - 19 ¹⁾	0 - 17 ²⁾	0 - 18 ³⁾	0 - 36	
	Versuchstage, an denen kein gültiger Versuch stattfand	5 (von 35)	18 (von 35)	13 (von 36) ⁴⁾	7	
2. Versuchsphase	Anzahl der Versuche	100	107	72	100	
	Anzahl der Versuchstage	24	29	26	32	
	Anzahl der Versuche pro Versuchstag	4-16	3.6	2.7	3.1	
	maximale Streubreite der Anzahl der Versuche pro Versuchstag	0 - 11	0 - 9	0 - 8	0 - 16	
	Versuchstage, an denen kein gültiger Versuch stattfand	4 ⁵⁾	3	2 ⁶⁾	13 ⁷⁾	
Beide Versuchsphasen zusammen	Anzahl der Versuche	322	207	242	333	
	Anzahl der Versuchstage	59	64	62	63	
	Anzahl der Versuche pro Versuchstag	5.4	3.2	3.9	5.2	
	maximale Streubreite der Anzahl der Versuche pro Versuchstag	0 - 19	0 - 17	0 - 18	0 - 36	
	Versuchstage, an denen kein gültiger Versuch stattfand	9	21	15	20	

Tab. 6: Anzahl aller Versuche bzw. Versuche pro Tag bei der Sechsfach-Musterwahl

Häufigkeit der Wahlen bei einem Versuch	Tier			
	Ben	Hoss	Adam	Little Joe
mehr als 2 Wahlen	10. Versuch	3. Versuch		130. Versuch
mehr als 3 Wahlen	69. Versuch ¹⁾		4. Versuch	154. Versuch
mehr als 4 Wahlen	-		14. Versuch	289. Versuch
mehr als 5 Wahlen	-	6. Versuch	65. Versuch	-
Bemerkungen	¹⁾ nur bei dem Versuch Nr. 69 und noch bei einem weiteren Versuch traten mehr als 3 Wahlen auf (101)!			

Tab. 7: Angabe der Nummer desjenigen Versuchs, bei dem erstmalig mehr als 2, 3, 4 oder 5 Wahlen getroffen wurden. Zeichnen dafür, wie schnell ein Tier bei Misserfolg aufgibt.

	Tier			
	Ben	Hoss	Adam	Little Joe
Anzahl der Hauptversuche	322	150	242	333
Anzahl aller Wahlen bei den Hauptversuchen	608	275	693	711
Wahlen pro Versuch	1.88	1.83	2.86	2.13
Richtig gelöste Versuche, sowohl auf Anhieb als auch an 2. bis 6. Stelle	131	78	162	150
Anzahl der gelösten (in %) Versuche im Verhältnis zu allen durchgeführten Versuchen	39 %	52 %	66 %	45 %

Tab. 8: Anzahl der Wahlen, bezogen auf Versuche.
Anzahl der richtig gelösten Versuche, gleich
ob an erster Stelle oder später gelöst.

Grenze liegt in der Nicht-Berücksichtigung motivationaler wie verhaltenspsychologischer Aspekte.

Ergebnisse:

Zweifelloos ist eine kritische Betrachtung der Resultate in Tab. 6 (Anzahl der Versuche; Länge und Versuchseinheiten etc.) nur dann sinnvoll, wenn diese in Verbindung gesetzt werden zum Versuchs v e r h a l t e n. Aus Gründen der Übersicht werden beide Aspekte zunächst getrennt erörtert und dann zusammengefaßt:

a) Datenanalyse

Den Angaben im unteren Drittel der Tabelle 6 sind die Anzahlen aller durchgeführten Versuche zu entnehmen. Das extrem auffällige Ergebnis besteht darin, daß nur sehr wenige Versuche durchgeführt wurden. Bei Aufgaben mit dem Schwierigkeitsgrad der Sechsfach-Musterwahl sind bis zum Erreichen des Lernkriteriums selbst 10.000 Versuche keine Besonderheit. KOEHLERS Lolkrabe "Jakob" absolvierte in rund 15 Monaten 8.276 Versuche. Noch bedeutsamer als die absolute Zahl der Versuche ist für den Lernfortschritt die Länge der einzelnen Versuchseinheiten. Hier schwankt die durchschnittliche Anzahl der Versuche pro Versuchstag zwischen 3.2 und 5.4, einer erschreckend geringen Frequenz also. Das Verhältnis wird weiter verschlechtert durch die Tatsache, daß an 9 (Ben) - 21 (Hoss) Tagen überhaupt kein gültiger Versuch registriert werden konnte. In der Betrachtung der relativen Mengen der Versuche pro Ver-

suchstag sind diese Tage noch einmal berücksichtigt. Bei solchen Ergebnissen wird man sich ernsthaft fragen müssen, ob eine Analyse einzelner Versuche überhaupt noch angebracht ist.

Die Versuche zur Sechsfach-Musterwahl fanden 1972 in der Zeit von April bis Juni und August bis Oktober statt. Zwischen den beiden Versuchsphasen war eine unfreiwillige Pause von ziemlich genau acht Wochen. Innerhalb der ersten Serie war eine Unterbrechung von fast zwei Wochen notwendig, weil eine für die Raben unbekannte Person die Säuberung der Räume unternommen (und damit möglicherweise leistungsstörend gewirkt) hatte. Die achtwöchige Pause wird uns bei einer Reihe von Analysen Gelegenheit geben, Gedächtnisfaktoren und Löschungseffekte mit in die Betrachtung einzu beziehen.

Beim Vergleich beider Versuchsphasen fällt auf, daß bei drei der vier Raben (Ben, Adam, Little Joe) die Tendenz dahin geht, kürzere Serien zu absolvieren. Bei Hoss zeigt sich zwar eine gegenläufige Tendenz, aber auch bei ihm wird die Streubreite geringer. Zum Teil macht sich diese Verringerung auch schon innerhalb der ersten Phase (Ben, Hoss) bemerkbar.

Auffallend hoch ist die Anzahl der Tage, an denen kein gültiger Versuch stattfand. Bei Ben ist sie noch am geringsten, bei Hoss jedoch in der ersten Phase sehr groß: Etwa jeden dritten Versuchstag "streikte" Hoss. In der zweiten Phase kam dies interessanterweise nur kurz zu Beginn vor. Die Störanfälligkeit von Adam wird dadurch dokumentiert, daß er innerhalb der ersten Phase an elf aufeinanderfolgenden

den Tagen keinen gültigen Versuch machte, nachdem ich aus Versehen einen Napf auf den Boden fallengelassen hatte. Ansonsten befinden sich alle "Streiks" in der zweiten Phase jeweils am Anfang oder am Ende, während in der Zwischenzeit konstant wenige Versuche absolviert wurden.

Little Joe hatte, wie berichtet, die Zweifach-Musterwahl "verweigert", bei der Sechsfach-Musterwahl war er immerhin der relativ Fleißigste. Zu Beginn der zweiten Versuchsphase sah es dann wiederum ganz so aus, als ob Little Joe erneut keine "Lust" mehr hätte, denn zwei Wochen lang verweigerte er jeden Versuch.

Zusammenfassend darf man sagen: Das herausragende Ergebnis bei der Betrachtung des "Versuchseifers" aller vier Raben ist die extrem geringe Anzahl von Versuchen insgesamt bzw. von Versuchen pro Einheit. Weder absolut (Versuchszahl) noch relativ (Versuche pro Einheit) ist dieses Ergebnis nach heutiger Erkenntnis ausreichend, um die notwendige Engrammierung zu ermöglichen (RENSCH 1973).

Jeder Versuch läßt maximal 6 Wahlen zu, denn nach der Korrekturmethode hat das Tier die Möglichkeit, auch nach einer oder mehreren falschen Wahlen weiterzusuchen. Tab. 8 läßt erkennen, inwieweit die Raben von dieser Möglichkeit Gebrauch machen.

Zweifellos müssen diese Ergebnisse im Zusammenhang damit gesehen werden, ob das betreffende Tier die Musterwahl beherrscht oder nicht. Dennoch lassen sich auch ohne diese Zusatzannahme wichtige interindividuelle Unterschiede ablesen:

Fast drei Nöpfe öffnet Adam pro Versuch, so daß er bei 66 % aller Versuche das erstrebte Fleisch auch bekommt. Little Joe "kapituliert" dagegen schon etwas früher, seine "Ausbeute" ist dementsprechend geringer. Hoss wählt selten häufiger, so daß sein relativ guter Erfolg möglicherweise daher rühren könnte, daß er die Aufgabe besser beherrscht. Ebenso häufig wie Hoss wählt auch Ben, aber er findet am seltesten von allen den erwarteten Köder.

Im direkten Zusammenhang zu diesen Ergebnissen stehen auch die Angaben in Tab. 7.

Hier wird angeführt, wie lange es dauerte, bis ein Rabe die Korrekturmethode voll ausnutzte. Bei Ben kamen insgesamt vier Wahlen innerhalb eines Versuchs nur zweimal vor, fünf und sechs Wahlen nie. Hoss dagegen gewöhnte sich sehr schnell an das Korrektur-Prinzip, Adam ebenso, doch Little Joe wiederum ließ sich sehr lange Zeit, bis er wenigstens fünf Wahlen innerhalb eines Versuches traf.

Fazit: Die Korrekturmöglichkeit wird nicht von allen Tieren vollständig ausgenutzt, so daß durchschnittlich nur bei der Hälfte aller Versuche auch der Köder gefunden wird. Obwohl die Wahrscheinlichkeit, den Köder zu bekommen, bei einem Versuch immer größer wird, je mehr Wahlen bereits getroffen wurden, brechen die Raben in etwa 50 % der Fälle vorher ab. Dieses Verhalten wird uns später noch interessieren. Als Vergleich sei angemerkt, daß KOEHLERS Rabe in der Regel so viele Wahlen traf, bis er den Köder gefunden hatte.

b) Verhaltensanalyse:

Ben:

Bei Ben war die Zweifach - Musterwahl gekennzeichnet durch den permanenten "Drang", rechts - oder links-seitenstetig zu werden. Erfolge bei der Gegendressur waren jedoch leider immer nur von kurzfristiger Dauer. Es gab sogar Versuchsphasen, in denen er geradezu "automatisch" eine Wahl nach der anderen im Ausdruck völlig identisch "absolvierte". Auf der Basis dieses Versuchsverhaltens war es natürlich besonders interessant, sein Verhalten bei der Sechsfach-Wahl zu verfolgen. Um das Ergebnis vorwegzunehmen, die Entwicklung verlief im Grunde genommen ähnlich.

Bei den ersten fünfzig Versuchen machte sich die Umstellung auf die Sechsfach-Wahl deutlich bemerkbar. Ben wirkte "motiviert" und "aufmerksam", d.h. er beobachtete von der Schleuse aus die Versuchsanordnung, fixierte Muster und Napfdeckel häufig abwechselnd. Dann "wackelte" er langsam bis vor die mittleren Näpfe rechts und links neben sich, um daran anschließend sehr vorsichtig zu wählen, indem er entweder mit geschlossenem Schnabel den Deckel leicht anhub oder aber ihn mit leicht geöffnetem Schnabel wie in einer Schere wegschob. Nach der Wahl geht er rückwärts in die Schleuse zurück, dreht sich dort um und hüpfte in seinen Wohnkäfig. Nur selten dringen Lautäußerungen aus seinem Käfig.

Die folgende Stereotypisierung des Wahl-Verhaltens geht einher mit Seiten - resp. Positionspräferenzen. In den ersten fünfzig Versuchen sucht er fünf (von sechs, außer

Position vier) Positionen auf, dann nur noch vier (außer sechs und vier), um von Versuch Nr. 121 an bis zum Ende der Experimente, also während rund 200 Versuche, lediglich die Positionen 1-3 zu berücksichtigen.

Fortan konzentriert sich Ben nur noch auf die rechte Hälfte der Versuchsanordnung. Somit ergibt sich, wie später noch ausführlich dargestellt wird, bei Ben das geradezu faszinierende Ergebnis, daß er zwar die Musterwahl lernt und auch befolgt, jedoch nur in der rechten Hälfte.

Bei der Erörterung der "Positions-Präferenzen" wird versucht werden, anhand einer Einzelanalyse diesem Phänomen näher zu kommen, doch letzten Endes ist dieses Verhalten unerklärbar geblieben.

Nun, von Versuch Nr. 121 an sieht Bens Verhalten etwa so aus: Nach Öffnung der Tür "schiebt" er sich an der rechten Schleusenwand entlang zum rechten Teil der Versuchsanordnung. Er nähert sich bedächtig, aber zügig. Vor dem zweiten Napf (Position 2) bleibt er stehen, betrachtet recht deutlich und ausführlich ausschließlich die drei rechten Näpfe, dann bückt er sich tief herunter und hebt einen Deckel sachte an bzw. schiebt ihn leicht weg. Wie "überlegt" er hier vorgeht, wird bei der Erörterung der Lernleistung dargestellt. Zumindest bei den letzten 150 Versuchen konnte eine halbwegs eindeutige Blickbewegung zu den übrigen drei Näpfen nicht beobachtet werden. Häufig genug, wenn die richtige Lösung bei Position vier war, sagte ich, hinter dem Beobachtungsspiegel stehend, innerlich vor mich hin,

" nun geh doch nach l i n k s, nach l i n k s etc. ", wollte ihn geradezu "hypnotisch" nach links bringen, doch es half alles nichts, Ben gab sich mit der rechten Hälfte zufrieden.

Übrigens: KOEHLER war u.a. auch der Vorwurf gemacht worden, er hätte seine Tiere zur richtigen Lösung "gedacht". Wenn das mir gelungen wäre, dann hätte Ben nach links gehen m ü s - s e n. Doch wie gesagt, daß Ben trotz dieses hochgradig stereotypen Verhaltens, das in dieser Form auch als "experimentelle Neurose" bezeichnet wird, dennoch das Prinzip der Musterwahl verfolgte, ist einfach nicht nachvollziehbar.

Nach zweimonatiger Sommerpause begannen die Versuche mit der Hoffnung, Ben möge seine "Strategie" vergessen haben, doch weit gefehlt: Acht Tage brauchte er, um sich wieder an die "Arbeit" zu gewöhnen, d.h. erst nach einer Woche traf er die erste Wahl in altbewährter Manier. Und so ging es dann auch unverändert weiter.

Adam:

Adam ist wohl am besten mit zwei Eigenarten charakterisiert, die er mit keinem anderen Raben teilte: Wie schon bei der Zweifach-Muster-Wahl setzte er auch bei der Sechsfach-Wahl sein Drohverhalten fort. Ab und zu, letzten Endes nicht vorhersagbar, sperrte er das Gefieder, spreizte die Flügel ab und wandte sich mit gurgelnden gro-Lauten den Näpfen zu. Vor allem dann, wenn er unmittelbar vor den Näpfen stand, konnte man sich des Lachens kaum erwehren. Die zweite Eigenart hängt direkt mit der Wahl zusammen: Adam konnte sich einfach nicht daran gewöhnen, daß "Negativ-Näpfe" (also unbeködete)

mit einem Magneten verschlossen waren (übrigens auch ein Beweis dafür, daß Rabenvögel ausgesprochen schlecht riechen können). Bis zu zwanzig Versuche unternahm er, um den Deckel eines verschlossenen Napfes abzuheben. Wie bei jeder Frustration (= "Unterbrechung einer zielgerichteten Antwort"; hier: Napf öffnen) wurde auch bei Adam die Reaktion sowohl heftiger als auch plastischer. Aus allen möglichen Stellungen hämmerte er gegen die Deckel, doch nicht ein einziges Mal hatte er Erfolg. Dieser permanente Mißerfolg konnte ihn jedoch nicht davon abhalten, immer wieder den Versuch zu wagen. Ein Zusammenhang zwischen intensiven Öffnungsversuchen und irgendwelchen Bedingungen konnte nicht gefunden werden.

Lediglich Hoss war es übrigens bei einem Vorversuch geglückt, den Deckel vom Magneten zu lösen, indem er in einem "Anfall" von Raserei einige Nöpfe um sich herum wirbelte.

Adam kommt in der Regel vor den Nöpfen drei und vier zu stehen. Nach Hochziehen der Tür durchquert er die Schleuse zügig, bis er die Nöpfe erreicht hat. Dann betrachtet er vor allem die ihm zunächst liegenden Deckel, die Positionen eins und sechs werden also selten direkt fixiert.

Zwischen zwei Versuchen, wenn die Anordnung entsprechend der Zufallsmatrix verändert wird, ist Adam relativ ruhig. Gro - und Winsellaute hört man ab und zu, den Feindruf dagegen nur sehr selten. Bei der Wahl selbst wechselt das Verhalten häufig. Pro Versuch öffnet Adam durchschnittlich 2,86 Nöpfe, es kam also doch recht häufig vor, daß er fünf oder auch sechs Wahlen machte. Neben der bereits besprochenen Art, mit

Negativ-Näpfen umzugehen, wurde zunehmend deutlich, daß er umso schneller und "unüberlegter" handelte, je mehr Wahlen er bereits erfolglos getroffen hatte. Hatte er zwei oder gar drei verschlossene Näpfe "erwischt", so wurden die restlichen scheinbar wahllos mit dem Schnabel bearbeitet. Während also die ersten Wahlen noch vergleichsweise ruhig getroffen wurden, schien bei weiteren Wahlen nur noch nach Zufall gehandelt zu werden. Es kam nur ganz selten vor, daß Adam auch nach der dritten erfolglosen Wahl noch einmal die restlichen Deckel inspizierte. Man geht vielleicht in der Interpretation nicht zu weit, wenn man vermutet, daß Adam auf der Basis gewisser Erwartungen die erste oder auch die ersten beiden Wahlen traf. Waren diese jedoch erfolglos, so mag ein Prinzip handlungsbestimmend geworden sein, das ihm sagte, "mindestens in einem Napf ist Fleisch". Und dann versuchte er pro Zeiteinheit so viele Näpfe wie möglich zu öffnen. Das kam, wie gesagt, recht häufig vor. Er wirbelte dann die Näpfe durcheinander, versuchte immer wieder, Negativ-Näpfe zu öffnen, kehrte häufig (was kein anderer Rabe häufiger gemacht hat) zu Näpfen zurück, an denen er sich bereits versucht hatte. Also: Bei stärkerer Frustration traten sowohl Fixierungen als auch "Par-force-Lösungen" auf. Bei einem Versuch (187) öffnet er nacheinander 5, 4, 6, 2, 1, nicht jedoch 3, wo der Köder lag. Möglicherweise lag es auch daran, daß er direkt vor Position 3 stand. Auf jeden Fall fegte er nahezu rhythmisch wechselnd immer heftiger und schneller die Näpfe um ihn herum weg, ohne den Köder zu finden. Also: Adäquates Lösungs-

verhalten konnte auch bei Adam beobachtet werden, jedoch nur bei den ersten beiden Wahlen etwa, denn danach pflegte er scheinbar wahllos weitere Näpfe öffnen zu wollen.

Hoss:

Im Gegensatz zu den anderen Raben war Hoss auch im Versuchskäfig äußerst hektisch. Er konnte minutenlang zwischen Wohnkäfig und Schleuse hin - und herjagen, ohne den Sprung in den Versuchskäfig zu "wagen". Meistens betrachtete er aus der Schleuse mit allen möglichen Kopfverrenkungen die Versuchsanordnung, um anschließend wieder den Wohnkäfig aufzusuchen. Begleitet wurden seine Aktionen von lautem Gekrächze.

Wenn jedoch irgendwann der Anreiz des Köders siegte, sprang er in einem einzigen Satz zu den Näpfen. Wohin ihn diese Sprünge führten, war schwer vorauszusagen. Hoss war der einzige, der auch über die Näpfe sprang und quasi von "hinten" wählte. Vergleichsweise häufig sprang er direkt auf einen Napf drauf, zweimal landete er auf dem Musterdeckel. Unmittelbar nach einem solchen Sprung zur Versuchsanordnung blickte er ganz kurz auf und schaute herum, er "sicherte" sozusagen. Nach spätestens zwei Sekunden etwa wählte er, d.h. mit geschlossenem Schnabel fegte er einen bestimmten Deckel weg. Es kam vor, daß er gegen den (magnetisch verschlossenen) Deckel eines Napfes haute, wobei sein Hieb so stark war, daß alle übrigen Näpfe ebenfalls berührt wurden und Hoss den Köder gleich erblickte. Glücklicherweise gewöhnte er sich diese Taktik nicht an. Der häufigste Standort, den Hoss vor den Näpfen einnahm, liegt etwa vor dem dritten und vierten Napf, also ziemlich genau in der Mitte. Im Anschluß an eine Wahl stürzte Hoss in

höchstens zwei Sätzen in den Wohnkäfig zurück. Wenn Hoss nach Hochziehen der Schleusentür zwischen Schleuse und Wohnkäfig hin und her hüpfte, so darf man annehmen, daß er überhaupt wählen wird. Betritt er dagegen die Schleuse für mehrere Minuten nicht, so sind keine Versuche mehr von ihm zu erwarten. Insgesamt wird man sagen können, daß die Versuchssituation für ihn deutlich aversiven Charakter hatte, denn sein Verhalten läßt doch recht deutlich auf einen Annäherungs-Vermeidungs-Konflikt schließen. Auf dieser Basis wird der Aufbau adäquaten Lösungsverhalten natürlich schwierig bzw. nahezu unmöglich. Ermutigend schien dagegen die regelmäßige Beobachtungsphase von der Schleuse aus zu sein. Allerdings schränkten Entfernung und vor allem Blickwinkel die Wahrnehmungsgenauigkeit erheblich ein. Letztere Aussage ist imgrunde genommen nur für den Menschen gültig, denn der Rabe sieht erheblich schärfer. In jedem Falle war das Wahl-Verhalten derart, daß man das Erreichen des Lernkriteriums wohl in Frage stellen konnte.

Little Joe:

Im Gegensatz zu Hoss, der dann auf jeden Fall wählt, wenn er den Versuchskäfig betreten hat, kehrt Little Joe auch ganz kurz vor den Näpfen wieder um. Wiederum anders als Hoss, der eher zu nahe vor den Näpfen steht, bleibt Little Joe so weit davor stehen, daß er sich weit vorstrecken muß, um überhaupt einen Deckel abheben zu können. Aus dieser Lage mutet es einigermaßen verständlich an, daß er ziemlich sanft den Deckel lüftet, und zwar fast aus-

schließlich von unten mit geschlossenem Schnabel. Die Analyse der Blickrichtungen bei der Wahl läßt vermuten, daß Little Joe selten alle Näpfe überblickt. Er scheint in der Regel nur die in seiner näheren Umgebung liegenden Näpfe gerichtet zu beobachten. Mit einer gewissen Strigenz darf man ferner annehmen, daß Little Joe das Muster selten zentral wahrnimmt, sondern eher peripher. Zweifellos können solche Aussagen nur mit größtem Vorbehalt getroffen werden, denn das visuelle System des Raben erlaubt durchaus, schon bei der Schleusendurchquerung ohne besonders deutliche Kopfbewegung die gesamte Anordnung zu erfassen. Im übrigen macht der Einweg-Spiegel eine detaillierte Beobachtung fast unmöglich. Allerdings ließ Little Joe bis auf einige Ausnahmen, die vor allem in Phasen des VTE-Lernens auftraten, häufige Beobachtungswechsel zwischen Muster und bestimmten Deckeln vermissen. Das betraf auch Ben.

Zwischen zwei Versuchen verhält sich Little Joe ziemlich ruhig in seinem Wohnkäfig. Auch sein Arbeitseifer läßt sich am Verhalten bestimmen: Wird nach Hochziehen der Tür die Versuchsanordnung keines Blickes gewürdigt, so darf man getrost die Serie als beendet ansehen.

2. Musterwahl-Lösungsprogramm

a) Untersuchungsfrage des Programms:

Wenn ein Tier die Sechsfach-Musterwahl nicht anwendet, also nicht gemäß diesem Prinzip seine Wahlen trifft, so ist die Annahme, daß

dieses Tier damit das Prinzip auch nicht erfaßt hat, zwar wahrscheinlich, jedoch nicht sicher. Wird dagegen das Gesetz befolgt, so muß man folgern, daß es auch zumindest zeitweise beherrscht wird. Dieses Programm soll testen, ob einzelne Tiere das Prinzip der Musterwahl befolgten.

b) Darstellung der Daten:

Dargestellt sind die Häufigkeiten auf Anhieb richtiger Lösungen, bezogen auf die Anzahl aller Hauptversuche (Tabb. 9).

c) Verrechnung der Daten:

Mit Hilfe des z-Tests sind die Anzahlen der auf Anhieb richtigen Lösungen auf ihre Zufallswahrscheinlichkeit geprüft worden.

d) Aussagemöglichkeiten und-grenzen des Programms:

Das Programm beantwortet die o.a. Fragen nur teilweise, weil lediglich die auf Anhieb richtigen Lösungen berücksichtigt wurden. Theoretisch ist denkbar, daß ein Tier bei der Sechsfach-Wahl erst bei jeder zweiten Wahl eines Versuchs die Lösung findet. Dennoch würde man auf der statistischen Ebene von einem überzufällig "guten" Lösungsverhalten reden. Aber: Auch durch Hinzunahme aller Lösungen an zweiter oder dritter Stelle ergab sich kein anderes bzw. besseres Bild, so daß auf weitere Ausdifferenzierungen verzichtet werden konnte.

	Tier			
	Ben	Hoss	Adam	Little Joe
Anzahl der Haupt-Versuche	322	150	242	333
davon auf Anhieb richtig gelöst	73	43	45	52
in %	22	28	18	15
Zufallswahrscheinlichkeit	0.38 %	0.008 %		
Bemerkungen	sehr signifikant	sehr signifikant	nicht signifikant	nicht signifikant

Tab. 9: Häufigkeit der auf Anhieb richtigen Lösungen bei den Hauptversuchen. Prüfung, ob die Tiere die Musterwahl gelernt haben.

Ergebnis:

Bei der Sechsfach-Musterwahl muß die richtige Lösung aus sechs Möglichkeiten herausgefunden werden. Demnach ist die Wahrscheinlichkeit, durch bloßen Zufall den richtigen Napf zu öffnen, genau $p = 1/6$. Also würde ein Rabe, der das Prinzip der Musterwahl nicht beherrscht, bei genügend großer Anzahl von Versuchen in 16.6. % aller Fälle auf Anhieb richtig wählen. Weicht die bei einem Tier gefundene Trefferzahl von der theoretisch errechneten ab, so kann diese Abweichung darauf untersucht werden, ob sie nur zufällig vom theoretischen Wert abweicht (z-Test).

Danach ergibt sich für Ben, daß seine Leistung, nämlich von 322 Versuchen auf Anhieb 73 richtig gelöst, erst bei 300 Stichproben (also 300×322 Versuche) etwa einmal zufallsbedingt auftauchen würde. Gemäß unserer Vereinbarung verwerfen wir damit die Hypothese, daß Ben das Prinzip der Musterwahl n i c h t berücksichtigt. Noch deutlicher gilt dies für Hoss, dessen Leistung - bei 150 Versuchen auf Anhieb 43 richtig gelöst - zufallsbedingt erst bei 12.500 Stichproben auftauchen würde. Dagegen entsprechen die Leistungen von Adam und Little Joe der Zufallserwartung. Bei beiden wird man also sagen müssen, daß sie das Prinzip der Musterwahl zumindest nicht durchgehend a n g e - w a n d t haben. Setzen wir aber einmal der Konvention folgend "lernen" und "anwenden" gleich, so kann man folgern, daß zwei der Raben nämlich Ben und Hoss (Rang 2 und 1 !), die Sechsfach-Musterwahl gelernt haben, und zwar in erstaunlich kurzer Zeit bei auffallend wenig Versuchen. Die bessere Leistung erzielte

Hoss, der bekanntlich "unsystematisch" lernte, also ohne eine Art der Figurenhilfe. Weitere Erschwerungen mögen im vorbestimmten Seiten- und Musterwechsel gelegen haben; außerdem wurde nie gescheucht.

Bereits bei der Erörterung der Versuche zur Zweifach-Musterwahl wurde speziell von Hoss angeführt, daß er ein problem-adäquates Wahlverhalten zeigte, wonach man vermuten durfte, daß er grundsätzlich das Prinzip der Musterwahl begriffen hatte. Bei der Sechsfach-Musterwahl traten von Anfang an überzufällig häufig richtige Lösungen auf (von den ersten acht Versuchen waren fünf richtig gelöst. Nr. 1, 2, 5, 6, 8), so daß man auch unter Berücksichtigung des Wahlverhaltens zwingend den Eindruck hatte, daß Hoss das Prinzip gelernt hatte und motiviert war, es zu befolgen.

Auch bei Ben ließen die Ergebnisse der Zweifach-Musterwahl für die Sechsfach-Wahl mehr erwarten, denn damals machte seine überaus starke Seitentätigkeit einen kontinuierlichen Lernprozeß zunichte. Bei der Erörterung der Positions-Präferenzen wird sich zeigen, daß Ben einen äußerst unerwarteten, eindrucksvollen "Kompromiß" geschlossen hatte.

Zweifellos wäre die Analyse unvollkommen, würden nicht Lösungen an zweiter oder auch dritter Stelle miteingeschlossen. Theoretisch wäre ja denkbar, daß spätestens die dritte Wahl die Lösung gebracht hätte, so daß man von einem Lernerfolg hätte sprechen können, auch wenn die Anzahl der Primärlösungen noch im Erwartungsbereich des Zufalls gelegen hätte.

Derartige Berechnungen haben wir hier weglassen, weil sie das durch die Primärwahlen gewonnene Bild in keiner Weise zu verändern vermögen. Tab. 8 macht ja deutlich, daß insgesamt nur rund die Hälfte aller Versuche bis zur tatsächlichen Lösung führten. Würde man also die Anzahl der Wahlen überhaupt (gleich bei welcher Wahl) gelösten Versuche bestimmen, so ergäbe sich ein verfälschtes Bild, weil die zahlenmäßig häufigen "nicht-gelösten-Versuche" besonders viele Wahlen auf sich vereinigten.

Jedoch für Adam und Little Joe, die das Lernkriterium, bezogen auf die Gesamt-Versuchszahl, nicht erreichten, seien diesbezüglich einige doch recht interessante Berechnungen angeführt, die das unterschiedliche Lösungsverhalten der beiden Raben beleuchten.

Tab. 9 zeigte, daß Little Joe insgesamt 150 von 333 Versuchen gelöst hatte, Adam dagegen sogar 162 von 242. Zählt man nun die Wahlen nur der gelösten Versuche zusammen, so zeigt sich, daß Little Joe bei den 150 gelösten Versuchen insgesamt nur 320 Wahlen brauchte. Adam wiederum brauchte für 162 Lösungen 453 Wahlen. Bei Adam ergeben sich somit noch 80 ungelöste Versuche, bei denen aber schon 240 Wahlen getroffen wurden. Das bedeutet, daß Adam normalerweise erst dann seine "Suchaktion" abbricht, wenn er etwa drei Wahlen getroffen hat.

Anders dagegen bei Little Joe: Bei ihm bleiben übrig 183 Versuche mit 391 Wahlen, d.h. 2.13 Wahlen pro Versuch. Little Joe bricht früher ab. Ferner erwächst der Eindruck, daß er die richtige Lösung "entweder schnell oder gar nicht" findet. Derartige Berechnungen sollen keineswegs darüber

hinwegtäuschen, daß Little Joe offensichtlich das Lernziel nicht erreicht hat, dennoch können die Resultate nachdenklich stimmen. Vielleicht tragen einige Aspekte des Versuchsverhaltens zur Präzisierung dieses Phänomens bei. Bei der Betrachtung der "Punktmengen-Präferenzen" wird sich noch zeigen, daß sowohl bei Little Joe als auch bei Adam eine wenn auch nur vorübergehende Beherrschung des Prinzips der Sechsfach-Musterwahl keineswegs auszuschließen ist.

Ergänzende Einzelbeobachtungen zum Lösungsverhalten:

Hoss, der die Musterwahl am besten beherrscht, traf seine "Entscheidung" offensichtlich sehr früh, denn nur von der Schleuse aus beobachtete er die Versuchsanordnung gezielt, wenn man seine Blickbewegungen so interpretieren wollte. Im Versuchskäfig selbst ging dann alles sehr schnell und hastig, d.h. er sprang aus der Schleuse hervor und fegte einen oder mehrere Näpfe weg.

Beim achten Versuch springt er auf den zweiten Napf, blickt dann auf die übrigen Näpfe und öffnet weit vorgestreckt den ganz linken, der den Köder verbarg. Das generell überhastete Lösungsverhalten ist die Regel, nur bei zwei Versuchen ist es völlig anders: Bei Versuch Nr. 63 kommt er ganz langsam aus der Schleuse, guckt umher, pickt ganz sachte gegen den Deckel des ganz rechts liegenden Napfes und geht ebenso bedächtig zurück. Beim folgenden Versuch wiederholt sich dies, allerdings öffnet

er nun den richtigen Napf (Position zwei). Danach macht er keinen weiteren Versuch, hatte also insgesamt nur zwei Wahlen an diesem Versuchstag getroffen. Am darauffolgenden Tag wählte er wieder nach alter Manier.

Eben weil er aber gewöhnlich seine Wahl-Entscheidung schon in der Schleuse getroffen haben mag, konnten Phänomene, die man gemeinhin beim VTE-Lernen beobachtet, hier nicht festgestellt werden.

Little Joe ist bei der Betrachtung des Lösungsverhaltens von besonderem Interesse, weil bei ihm die Tendenz festzustellen war, daß er, wie schon berichtet, die Lösung der Aufgabe entweder schnell oder gar nicht fand. Schon innerhalb der ersten zehn Versuche zur Sechsfach-Musterwahl bot Little Joe vier richtige Lösungen, wobei er insofern ein adäquates Lösungsverhalten zeigte, als er vor der Versuchsanordnung stehend Napfdeckel und Muster abwechselnd fixierte. So konnten bei ihm auch eine Fülle von Intentionsbewegungen beobachtet werden. Bei Versuch Nr. 38 wählt er erstmalig die ganz linke Position (Position sechs), findet den Köder und ist "überrascht", d.h. zieht den Kopf zurück, reckt sich nach oben, blickt herum, holt dann erst den Köder. Das Verhalten beim Auffinden des Köders ist normalerweise völlig anders.

Beim Versuch Nr. 74 pickt er mehrmals über den Deckel des vierten Napfes, öffnet dann aber den (richtigen) dritten Napf. Im Anschluß an diesen Versuch erreicht er acht richtige Lösungen bei 19 Versuchen.

Dieses Verhalten hält unvermindert auch nach der zweimonatigen Pause an.

Bei Versuch 250 wählt er (richtig) Position fünf. Beim darauffolgenden Versuch starrt er geradezu zur Position fünf hin, pickt dann aber hörbar gegen den Deckel, so daß sich dieser nicht sichtbar bewegt, guckt wieder auf die Näpfe vor sich hin und öffnet schließlich den vierten (richtigen) Napf.

Von Versuch 284 an lernte auch Little Joe nach dem Prinzip "unsystematisch". Vom ersten Versuch an beobachtete er wiederum sehr genau die Anordnung, korrigierte sich häufig, d.h. tippte einen Deckel mit dem Schnabel eben an, öffnete aber dann einen anderen Napf. Allerdings gilt seine Aufmerksamkeit, wiederum aus den Blickbewegungen erdeutet, eher den Näpfen, die in seiner nächsten Nähe sind. Da er aber andererseits meistens ziemlich genau in der Mitte stand, konnte er alle Näpfe recht gut überblicken. Bei den letzten zwanzig Versuchen "unsystematisch" sind sieben richtige Lösungen. Insgesamt erzielte er beim "unsystematischen" Lernen zwölf "Treffer", mehr als je zuvor in einer Serie von fünfzig Versuchen.

Ohne diese Ergebnisse überinterpretieren zu wollen, darf man sagen, daß Little Joe quasi - periodenhaft immer wieder Anstrengungen unternommen hat, dem Lösungsprinzip gerecht zu werden. Typisch ist die Verbesserung der Lernleistung nach mehr oder weniger kurzen Phasen des VTE-Lernens. Immerhin fällt auf, daß die vergleichsweise wenigen richtigen Lösungen eher massiert auftauchen. Insgesamt wird man vermuten können, daß Little Joe bei einer größeren Anzahl der Versuche die Sechsfach-Musterwahl wohlmöglich gelernt hätte. Bei der

Zweifach-Musterwahl hatte er bekanntlich neun Monate lang "gestreikt". Man kann bei ihm keinesfalls von einer Art "sukzessiver Annäherung" an das schwierige Problem der Sechsfach-Musterwahl sprechen, wie das z.B. bei der Dressur von KOEHLERs "Jakob" der Fall war. Insofern ist die Leistung Little Joes keineswegs wider Erwarten schlecht. Im Gegenteil: Schon nach 330 Versuchen deutete sich ein möglicher Lernfortschritt an, der umso höher zu bewerten ist, als der Versuchsablauf dem Tier eine Reihe von Hilfen versagte, die KOEHLER und Mitarbeiter zu geben gewohnt waren.

Adam begann wie auch die anderen Raben recht erfolgversprechend, nämlich mit vier richtigen Lösungen innerhalb der ersten sechs Versuche. Leider folgten darauf zwanzig Versuche ohne eine einzige richtige Primärlösung. Auch Adams Lösungsverhalten war ermutigend. Eine Fülle von Intentionsbewegungen und Korrekturen zeigen dies. Bei Versuch Nr. 164 pickt er leicht vor den Deckel des vierten Napfes in die Luft, öffnet dann aber den richtigen Napf an der zweiten Position.

Nach der zweimonatigen Pause häufen sich derartige Beobachtungen noch.

Versuch Nr. 192: Adam pickt erst bei Position vier und drei, ohne aber die Deckel zu berühren, dann geht er einen Schritt weiter nach rechts und hebt den Deckel des ganz rechts liegenden (richtigen) Napfes ab. Bei Nr. 86 wählt er die Position zwei und eins, ohne den Köder zu finden. Er reckt sich, blickt die Reihe entlang nach links, geht dann sehr direkt und gerichtet zum Napf Nr. 6 und öffnet ihn und wählte damit richtig.

Auch bei Adam darf man auf der Folie dieser Betrachtungen annehmen, daß er unter besseren Versuchsbedingungen einerseits und in längeren Versuchsserien andererseits möglicherweise die Sechsfach-Musterwahl gelernt hätte.

Statistisch gesehen hatte Ben zwar das Lernkriterium erreicht, aber sehr überzeugend wirkten seine Leistungen nicht. Warum Ben kaum wesentlich mehr Primärlösungen liefern konnte, wird sich bei der Diskussion des "Positions-Präferenzen-Programms" noch zeigen. Bei Ben finden sich ebenfalls Intentionsbewegungen, die dann vor allem bei der Umstellung vom "systematischen" Lernen auf "unsystematisches" Vorgehen sehr häufig auftreten: Allein sechs Lösungen (von vierzehn) innerhalb der letzten fünfzig Versuche sind quasi Korrektur-Lösungen, d.h. in sechs Fällen hatte Ben den Anschein erweckt, einen Napf zu öffnen, drehte dann aber ab und öffnete den richtigen Napf. Ähnlich wie bei Little Joe hat das "unsystematische" Vorgehen offensichtlich eine Motivationssteigerung bewirkt. Immer wieder haben KOEHLER und Mitarbeiter dieses Phänomen beobachten können, daß nämlich bei Erschwerung der Aufgabe die Lernleistung besser wurde. Sie zogen daraus u.a. den Schluß, daß man all das permanent variieren müßte, was die Tiere vom eigentlichen Lösungsprinzip abbringen könnte. So sollte die Figurenhilfe, die ja beim "systematischen" Vorgehen bestand, augenblicklich dann aufgegeben werden, wenn das Tier beginne, vorwiegend nach dem figuralen Charakter der Punktanordnungen zu wählen. Insofern produziert die Umstellung der Aufgabe ("unsystematisch" statt bisher "systematisch") erhöhte Unsicherheit und damit wiederum vermehrte Aufmerksamkeit, die

bei einer so schwierigen Aufgabe von eminenter Bedeutung ist. Es gilt also, die Aufmerksamkeit des Tieres zu wecken bzw. zu steigern, zumindest aber nicht absinken zu lassen. Letzteres hätte man speziell bei unserem Vorgehen erwarten müssen. Es wird noch zu zeigen sein, daß dies wahrscheinlich doch nicht der Fall war.

3. Punktmengen-Präferenzen-Programm

a) Untersuchungsfrage des Programms:

Vor allem bei Untersuchungen am Köderbrett hat sich gezeigt, daß die größere Punktmenge, wo der Merkmalreiz sich also aus möglichst vielen Elementen zusammensetzte, häufig bevorzugt wurde. So beherrschte KOEHLERS Rabe die Aufgabe 5 : 6 (richtig ist die 5) trotz mehrerer Anläufe nicht. Insgesamt läßt sich bemerken, daß hier Präferenzen auftreten können, deren Ursache selten ergründet werden können. Bei einigen Untersuchungen mag allerdings der Grund in der Dressur liegen, bei der vielleicht unbeabsichtigt differenziell verstärkt wurde (s.a. KOEHLER 1943). Ob und inwieweit derartige Präferenzen vorliegen, soll in diesem Programm untersucht werden.

b) Darstellung der Daten:

Den Tabellen 10-14 und der Abb. 11 liegen die Häufigkeiten der Wahlen zugrunde, mit denen eine bestimmte Punktmenge gewählt wurde. "Punktmenge drei" heißt hierbei, daß der Merkmalreiz aus drei Punkten bestand, wobei die figurale Anordnung der Punkte unberücksichtigt blieb.

a l l e 4 T i e r e

	Punktmengen = Anzahl der Punkte						Bemerkungen
	1	2	3	4	5	6	
primär gewählte Punktmengen von allen Tieren	170	158	180	175	173	198	nicht signifikante Unterschiede
primär gewählte Punktmengen bei direkt richtigen Lösungen	37	33	37	24 ¹⁾	36	46	¹⁾ erwarteter Wert : 35 p < 10 % (t.)

Tab. 10: Bevorzugung bestimmter Punktmengen durch alle Tiere zusammen.

Tier: B e n

	Punktmengen = Anzahl d. Punkte						Bemerkungen
	1	2	3	4	5	6	
gewählte Punktmengen bei der Primärwahl	38	39	43	50	48	53	1-3 = 120 4-6 = 151
gewählte Punktmengen, nur auf Anhieb richtige Lösungen berücksichtigt	7	12	10	6	10	14	Diff ₃₁ p < 10 % (t.)

Tab. 11: Bevorzugte Punktmengen und Verteilung der richtigen Lösungen auf die einzelnen Punktmengen unter Berücksichtigung aller Versuche und Wahlen.

Tier: H o s s

Gewählte Punktmenge	Punktmengen = Anzahl der Punkte						Bemerkungen
	1	2	3	4	5	6	
a) bei Primärwahlen	24	20	25	22	26	33 ¹⁾	1) p < 10 % (t.)
b) bei positiven Primärwahlen	6	4	9	5	8	11	
c) bei allen Wahlen	45	41	44	41	47	57 ²⁾	2) p < 10 % (t.)
d) bei allen positiven Wahlen	13	14	12	10	12	17	

Tab. 12: Bevorzugte Punktmengen und Verteilung der richtigen Lösungen auf die einzelnen Punktmengen unter Berücksichtigung aller Versuche und Wahlen.

Gewählte Punktmenge	Punktmenge = Anzahl der Punkte						Bemerkungen
	1	2	3	4	5	6	
a) bei Primärwahlen	41	43	46	30 ¹⁾	41	40	1) p < 10 % (t.)
b) bei positiven Primärwahlen	11 ²⁾	13 ³⁾	7	4	5	5	3) p < 5 % (s.) 2)+3) p < 1 % (s.s.)
c) bei negativen Zweitwahlen	61	66	40 ⁴⁾	59	59	50	4) p < 5 % (s.) auf das Verhältnis negativ : positiv
d) bei positiven Zweitwahlen	21	18	23 ⁴⁾	17	17	20	
e) bei allen Primär- und Zweitwahlen	123	127	109	106	117	110	
f) bei allen positiven Wahlen	33	31	30	21	22	25	

Tab. 13: Vorlieben für bestimmte Punktmengen und Verteilung der richtigen Lösungen auf die einzelnen Punktmengen unter Berücksichtigung aller Versuche und Wahlen.

		Punktmengen = Anzahl der Punkte						Bemerkungen
systematisches Lernen	1	2	3	4	5	6		
gewählte Punktmengen bei der Primärwahl	53	44	50	49	40	47	1) p < 5 % (s.)	
	7	3	6	5	11)	82)	1)+2) p < 5 % (s.)	
unsystematisches Lernen	1	2	3	4	5	6	Bemerkungen	
gewählte Punktmengen bei der Primärwahl	8	6	4	7	103)	154)	4) p < 5 % (s.)	
	3	1	2	1	1	4	3)+4) p < 5 % (s.)	
gewählte Punktmengen, nur auf Anhieb richtige Lösungen berücksichtigt								

Tab. 14: Vorlieben für bestimmte Punktmengen und Verteilung der richtigen Lösungen auf die einzelnen Punktmengen unter Berücksichtigung aller Versuche und Wahlen.

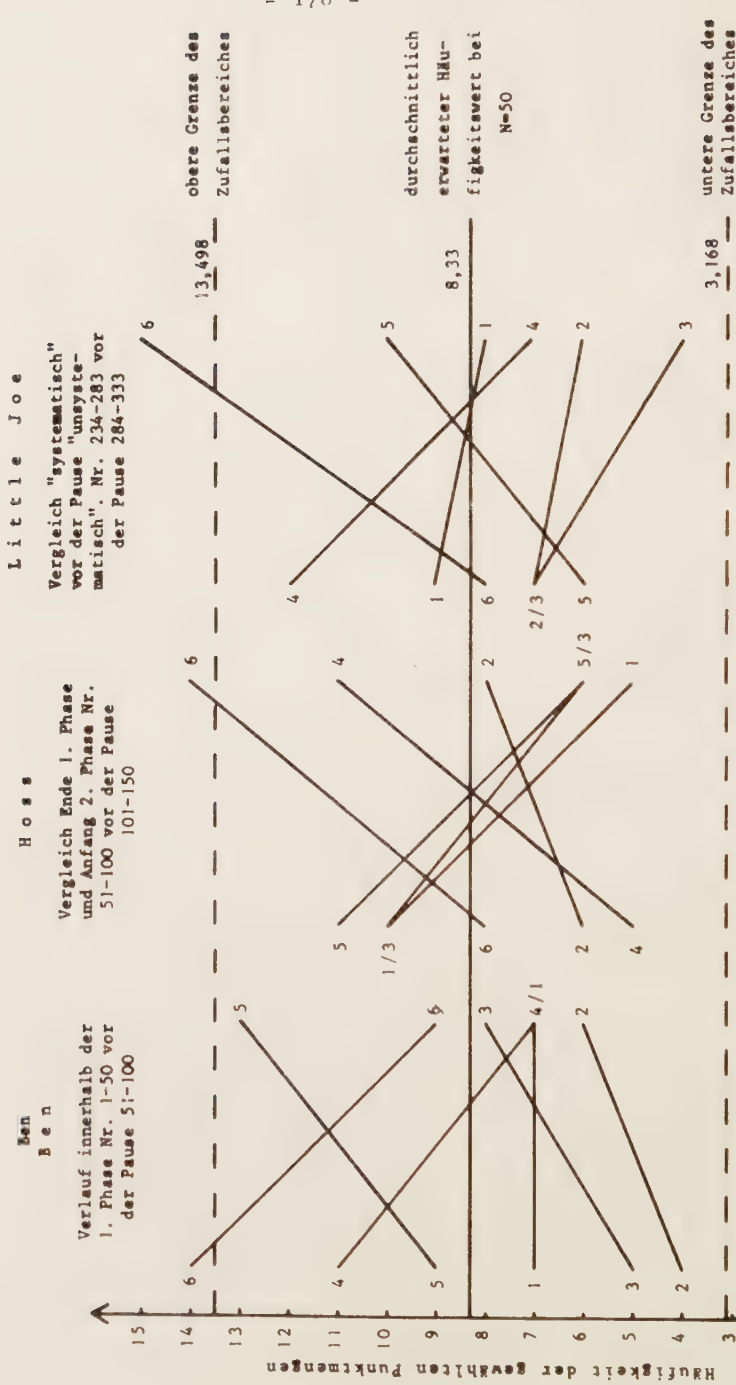


Abb. 11: Verlauf der Bevorzugung bestimmter Punktmengen

c) Verrechnung der Daten:

Die Verteilung der Häufigkeiten wurden auf ihre Zufallswahrscheinlichkeit geprüft ("z-Test"; " Chi^2 -Test"), um Punktmengen-Präferenzen zu erfassen.

d) Aussagemöglichkeiten und -grenzen des Programms:

Punktmengen-Präferenzen sind zumindest bei den Primär-Wahlen (also der jeweils ersten Wahl bei jedem Versuch) zu erfassen; Berechnungen bei Sekundärwahlen dagegen sind problematisch (s.Text).

Ergebnisse:

Tab. 10 faßt die Primärwahlen aller Tiere zusammen. Interpretiert man nämlich die Wahlen der einzelnen Raben als vier Stichproben aus einer Grundpopulation, so ist dieses Verfahren durchaus legitim. Man geht hierbei davon aus, daß die mittleren Bevorzugungen bestimmter Punktmengen insofern eine bessere Schätzung sind, als ihnen nicht nur eine, sondern vier Stichproben zugrundeliegen. Ferner darf man annehmen, daß etwaige Auffälligkeiten in der Verteilung bei einer Stichprobe dann ausgeglichen werden, wenn mehrere Stichproben zur Berechnung herangezogen werden. Bei den Primärwahlen würde man für jede Punktmenge 176,3 Wahlen erwarten. Die tatsächliche Verteilung der Wahlen zeigt zwar, daß Darstellungen mit zwei Punkten etwas weniger und solche mit sechs Punkten etwas mehr als erwartet gewählt werden, beide Abweichungen sind jedoch nicht interpretierbar. Anders sieht es dagegen bei der Betrachtung der Verteilung

jener Punktmengen aus, denen nur Primärlösungen zugrundeliegen. Wird eine Punktmenge insgesamt häufiger gewählt, so ist zu erwarten, daß bei Primärlösungen diese Punktmenge ebenfalls überrepräsentiert ist. Die Betrachtung der unteren Verteilung darf somit nur im Zusammenhang mit der oberen erfolgen. Also: 176,3 Wahlen einer Punktmenge bei allen Primärwahlen entsprechen 35,5 Wahlen bei allen Primärlösungen. Wird demnach Punktmenge sechs insgesamt 198 mal gewählt, so sollte diese Punktmenge bei den Primärlösungen etwa vierzigmal vertreten sein. Die tatsächliche Häufigkeit von 46 ist noch im Zufallsbereich gelegen. Bei Punktmenge vier ist die erwartete Häufigkeit = 35, realiter wurden nur 24 Wahlen beobachtet.

Gemäß unserer Vereinbarung ist in diesem Ergebnis eine Tendenz zu sehen, Punktmengen mit vier Elementen weniger als erwartet zu wählen. Eine mögliche Interpretation wäre die, daß die Raben Punktmengen mit wenig (1 oder 2) und viel (6) Elementen besser erfassen können. Bevor wir diese ebenso interessante wie auch "gewagte" Interpretation weiterverfolgen, sollen die Verteilungen der Wahlen einer jeden Punktmenge für die einzelnen Tiere getrennt diskutiert werden (Tab. 11-14).

Bei Ben (Tab.11) zeigt die Verteilung der gewählten Punktmengen bei der Primärwahl, daß eine Tendenz besteht, solche zu bevorzugen, die möglichst viele Elemente aufweisen. Nachträgliche Klassenbildungen sind zwar grundsätzlich nicht erlaubt, da die hier vorgenommene Einteilung jedoch sinnvoll erscheint, wurde sie

durchgerechnet. Bei den Primärlösungen deutet sich die geringe Häufigkeit der Punktmenge vier an, statt rund elf Wahlen wurden nur sechs beobachtet.

Hoss (Tab. 12) läßt sowohl bei den Primärwahlen als auch bei allen Wahlen insgesamt eine Tendenz zur Punktmenge sechs erkennen.

Bei Adam (Tab. 13) macht sich die Tendenz bemerkbar, bei Primärwahlen die Punktmenge vier zu meiden. Bei der Verteilung der Primärlösungen ist Punktmenge zwei signifikant überrepräsentiert. Faßt man die Punktmengen eins und zwei in einer Klasse zusammen, so werden die beiden kleinsten Punktmengen sehr signifikant häufig gewählt. Darf man hieraus schließen, daß Mengen mit weniger Elementen besser erfaßt werden konnten, wie es oben angedeutet wurde ?

Höchst auffällig ist bei Adam, daß er in den 72 Versuchen nach der Sommerpause insgesamt elf richtige Primärlösungen hatte, die sich alle auf die ersten drei Punktmengen verteilen.

Analysieren wir dieses Ergebnis:

Häufigkeiten gewählter Punktmengen bei allen Primärwahlen nach der Sommerpause (N = 72):

Punktmengen						
	1	2	3	4	5	6
Häufigkeiten	16	17	12	8	11	8

Bei einer erwarteten Häufigkeit von zwölf Wahlen pro Punktmenge ist die Verteilung zunächst nicht weiter interpretierbar. Faßt man jedoch sowohl die ersten als auch die letzten drei Kategorien zu einer Klasse zusammen, so stehen sich 45 : 27 Wahlen gegenüber. Dieses Ergebnis

ist bei einem erwarteten Wert von 36 dahingehend interpretierbar, daß Adam signifikant ($p = 5\%$) häufig Punktmengen mit 1-3 Elementen bevorzugt.

Elf Primärlösungen erzielte Adam innerhalb dieser 72 Versuche. Theoretisch hätte man 12 Lösungen erwarten dürfen, Adams Leistung liegt also im Bereich zufälligen Wählens. Diese elf Lösungen entfallen jedoch nur auf die ersten drei Punktmengen: drei Lösungen bei Punktmenge eins, sechs Lösungen bei zwei und zwei Lösungen bei Punktmenge drei. Auf der Folie früherer Erklärungen dürfte man bei Mißachtung des Musterwahl-Prinzips annehmen, daß sich die Primärlösungen entsprechend den bevorzugten Punktmengen verteilen. Für die Punktmengen eins bis drei ergäben sich somit 6,8 Lösungen, für die Punktmengen vier bis sechs dagegen nur 4,2 Primärlösungen. 27 mal wählt Adam eine Punktmenge mit mehr als drei Elementen, jedoch nicht ein einziges Mal findet er dort einen Köder. Die Frage wäre jetzt, ist dies überhaupt möglich, wenn er das Muster *n i c h t* berücksichtigt? Müßte er nicht zwangsläufig Treffer aufweisen? Behandelt man die Punktmengen vier bis sechs als eine Kategorie, so bleibt Adam in 27 Fällen ohne Treffer, was in weniger als 5% unendlich vieler Stichproben sich durch *Z u f a l l* ereignen würde. Man könnte also folgern, daß Adam das Prinzip der Musterwahl erkannt und im Rahmen seiner Möglichkeiten danach gehandelt hat. Erinnern wir uns, daß gerade in der zweiten Versuchsphase *n a c h* den Sommerferien bei Adam gehäuft VTE-Lernen beobachtet werden konnte. Möglicherweise war Adam nur bis zu einem gewissen Grad in der Lage, Ähnlichkeitsbeziehungen herzustellen.

Die Permutationsmöglichkeiten von zwei oder höchstens drei Elementen bezüglich ihrer Lage zueinander sind ja längst nicht so groß wie die bei Punktmengen mit mehr als drei Elementen. Ein begrenztes Generalisierungsvermögen, dessen Ursache ungeklärt ist, mag die recht auffällige Zäsur bedingt haben.

Die bevorzugte Wahl von Punktmengen mit ein bis drei Elementen, die sich in der zweiten Versuchsphase ganz deutlich zeigte, deutet sich auch in veränderter Weise in der Analyse aller Versuche an. Neben die bereits diskutierte Präferenz für die Punktmengen eins und zwei bei Primärlösungen gesellt sich jene für die Punktmenge mit drei Elementen bei den positiven Zweitwahlen, d.h. in erster Linie konzentrieren sich die Wahlen auf ein oder zwei Elemente; war die Wahl erfolglos, dominierten im Suchbild des Raben Darstellungen mit drei Elementen.

Die wesentlichen Bemerkungen zum Lösungsverhalten Adams gelten auch für Little Joe (Tab. 14), der das Lernkriterium ebenfalls nicht erreicht hatte, wenn man darunter die Zahl der Primärlösungen im Verhältnis zu allen Versuchen versteht. Rund 47 Wahlen pro Punktmenge hätte man beim "systematischen" Lernen erwarten dürfen; die tatsächliche Verteilung entspricht recht gut der theoretisch errechneten. Bei den Primärlösungen haben wir wiederum nicht ganz *lege artis* die Punktmengen fünf und sechs zusammengefaßt, so daß die Gesamtverteilung in drei Klassen unterteilt wird. Jetzt zeigen sich überzufällig viele Primärlösungen bei Punktmengen mit mehr als vier Elementen. Die einfachste Interpretation ist zunächst die, daß

Little Joe Punktmengen mit fünf und sechs Elementen von solchen mit weniger Elementen unterscheiden kann. Da er jedoch "unsystematisch" lernte, reduzierte sich die Minimalforderung darauf, daß Little Joe zwei ganz bestimmte figurale Anordnungen bevorzugt wahrzunehmen und zu vergleichen in der Lage war. (Das Aussehen der Punktmengen mag der Leser aus Abb.9 entnehmen. Beim "systematischen" Lernen wird als Menge mit fünf Elementen Nr. 16 dargeboten, als solche mit sechs Elementen Nr. 28).

Da die präferierten Punktmengen oder auch Punkt-"Figuren" jedoch der Verteilung der Primär-L ö s u n g e n entnommen werden, kann die Zusatzannahme gemacht werden, daß auch Little Joe das Prinzip der Musterwahl in bestimmter (selegierender) Weise befolgt hat.

Mit dieser sehr pointierten Interpretation soll imgrunde genommen nur deutlich gemacht werden, daß die Beurteilung der Lernleistung eines Tieres auf der Basis eines simplen Lernkriteriums (Anzahl richtiger Lösungen im Verhältnis zu allen Versuchen auf der Basis spezifischer Wahrscheinlichkeiten) höchst zweifelhaft sein kann. Daß ein Tier ü b e r - h a u p t n i c h t gelernt hat, ist unwahrscheinlich, kann auch letzten Endes nicht nachgewiesen werden. Umgekehrt vermag eine gezielte Einzel - und Verlaufsanalyse des Lernprozesses mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit aufzeigen, daß die Tiere "etwas" mit großer Sicherheit gelernt haben.

Beim "unsystematischen" Lernen werden Punktmengen mit mehr als vier Elementen schon bei

den Primärwahlen bevorzugt. Möglicherweise ist dies das Ergebnis der soeben diskutierten Präferenzen. Angesichts der Neuartigkeit der Aufgabe mag ein bewährtes Lösungsprinzip nun in den Vordergrund gestellt worden sein. Die bei der Betrachtung des "systematischen" Lernens gemachte Annahme, daß Little Joe relativ prägnante figurale Anordnungen von anderen bevorzugte, fällt hier weg: Auf Anhieb ist Little Joe in der Lage, höchst komplizierte Arten der Komposition von fünf oder sechs Elementen allein aufgrund der Anzahl jener Elemente als äquivalent anzusehen.

Abstraktions - und Generalisationsprozesse müßten, falls nicht schon vorhanden bzw. vorbereitet, quasi spontan aufgetreten sein. In diesem Zusammenhang sei wiederum erinnert an VTE-ähnliches Lösungsverhalten in der "unsystematischen" Phase.

Somit muß die ursprüngliche Aussage, daß lediglich Hoss und in gewisser Weise auch Ben das Prinzip der Sechsfach-Musterwahl befolgt haben, dahingehend ergänzt werden, daß auch Adam und Little Joe höchst wahrscheinlich das Prinzip erkannt und kurzfristig bzw. selektiv befolgt haben. Gemessen an den Versuchsbedingungen und der geringen Versuchszahl insgesamt, ist dies ein erstaunliches Resultat. Korrekterweise müßten alle Bemerkungen zur Lernleistung unter dem Aspekt gesehen werden, daß die Trainings - und nicht die Testphase der Analyse zugrundeliegt. Wir glauben, dies vernachlässigen zu können, kommen aber auf dieses Problem zurück, wenn eine bei Hoss eingeschobene Testphase erörtert wird.

Den Abschluß der Betrachtung möge eine Verlaufsanalyse der Bevorzugung bestimmter Punktmengen bilden (Abb. 11):

Jeweils Einheiten von fünfzig Versuchen wurden untersucht. Bei fünfzig Versuchen und einer Trefferwahrscheinlichkeit von $1/6$ würde dann eine Punktmenge X nicht entsprechend ihrer Wahrscheinlichkeit gewählt, wenn sie nur dreimal oder aber über 13 mal bei den Wahlen berücksichtigt würde.

So zeigt sich bei Ben im Vergleich zwischen den ersten fünfzig Versuchen mit den zweiten fünfzig, daß die Verteilung ausgeglichener wird. Die deutliche Präferenz für Mengen mit sechs Elementen verschwindet.

Das zweite Beispiel zeigt Präferenzen von Hoss im Vergleich zwischen den Häufigkeiten pro Punktmenge "vor und nach der Sommerpause". Die Entwicklung ist in gewisser Weise das Pendant zu der bei Ben beschriebenen (innerhalb der ersten Phase). Im dritten Beispiel schließlich wird für Little Joe der Übergang vom "systematischen" zum "unsystematischen" Lernen aufgezeigt. Das Resultat wurde bereits diskutiert.

Die Beispiele sollen exemplarisch darlegen, daß sich Präferenzen für bestimmte Punktmengen im Verlaufe des Lernprozesses verändern können.

4. Positions-Präferenzen-Programm

a) Untersuchungsfrage des Programms:

Das Phänomen der "Positions-Präferenz" ist besser bekannt unter dem Begriff der "Seitenstetigkeit", die in ihrer extremen Ausprägung

auch als "experimentelle Neurose" bezeichnet wird. Hier gilt nachzuprüfen, ob bei den vorliegenden Versuchen ebenfalls Positions-Präferenzen vorgelegen haben, und zwar unabhängig davon, ob nur vorübergehend oder auch dauernd.

b) Darstellung der Daten:

Die Tabellen 15 - 18 geben für jedes Tier getrennt die Häufigkeiten der Wahlen wieder, die auf eine bestimmte Position fallen. "Position eins" heißt hierbei, daß der Napf aus der Sicht des Raben ganz rechts stand; bei "Position sechs" stand er dementsprechend ganz links. Es sei aber wiederholt: Die Distanz vom Eingang des Versuchskäfigs bis zu allen Näpfen war gleich groß, weil diese im Halbkreis angeordnet waren.

c) Verrechnung der Daten:

Auch hier wird entsprechend dem dritten Programm untersucht, ob bestimmte Positionen überzufällig aufgesucht werden, d.h. die Häufigkeiten, mit denen alle Positionen gewählt wurden, werden auf Gleichverteilung geprüft.

d) Aussagemöglichkeiten und -grenzen des Programms:

Das Programm läßt Positions-Präferenzen erkennen. Genese und Verlauf werden dagegen nicht sichtbar. Ebenfalls fehlt der Zusammenhang zwischen Positions-Präferenz, "marsch-" Richtung zur Versuchsanordnung und körperlicher Stellung vor den Näpfen.

T i e r : B e n

Positionen der Näfte 1-6 (von rechts nach links)	1. Wahl 2. Wahl 3. Wahl 4. Wahl 5. Wahl 6. Wahl						Σ
	1	2	3	4	5	6	
1	69	121	39	0	0	1	230
2	149	69	11	1	1	0	231
3	89	22	18	1	0	0	130
4	0	0	2	0	0	0	2
5	14	0	0	0	0	0	14
6	1	0	0	0	0	0	1
Σ	322	212	70	2	1	1	608

Tab. 15: Bevorzugung bestimmter Positionen (1-6)
bei allen Wahlen, beginnend mit der Pri-
märzahl. Die 1. Spalte spiegelt bestimmte
primäre Positionsvorlieben wider.

Tier: Little Joe

	1. Wahl	2. Wahl	3. Wahl	4. Wahl	5. Wahl	6. Wahl	Σ
Positionen der Näpfe 1-6 (von rechts nach links)							
1	1	0	1	1	1	0	4
2	5	13	10	16	3	0	47
3	52	20	31	14	0	0	117
4	51	37	26	7	1	0	122
5	109	79	14	5	1	0	208
6	115	74	19	5	0	0	213
Σ	333	223	101	48	6	0	711

Tab.16: Bevorzugung bestimmter Positionen (1-6)

bei allen Wahlen, beginnend mit der Primärzahl. Die 1. Spalte spiegelt bestimimte primäre Positionsvorlieben wider.

T i e r : A d a m

	1. Wahl	2. Wahl	3. Wahl	4. Wahl	5. Wahl	6. Wahl	Σ
1	25	37	21	13	12	5	103
2	41	37	23	10	6	0	117
3	101	40	16	6	2	1	176
4	59	49	22	12	2	2	146
5	13	30	25	21	11	0	100
6	2	4	13	16	9	7	51
Σ	241	197	120	78	42	15	693

Positionen der Näpfe 1-6
(von rechts nach links)

Tab.17: Bevorzugung bestimmter Positionen (1-6)
bei allen Wahlen, beginnend mit der Pri-
märzahl. Die 1.Spalte spiegelt bestimmte
primäre Positionsvorlieben wider.

T i e r : H o s s

Positionen der Nöpfe 1-6 (von rechts nach links)	1. Wahl 2. Wahl 3. Wahl 4. Wahl 5. Wahl 6. Wahl						Σ
	1. Wahl	2. Wahl	3. Wahl	4. Wahl	5. Wahl	6. Wahl	
1	5	10	5	6	1	2	29
2	12	12	11	4	2	1	42
3	20	12	5	2	0	0	39
4	36	17	2	1	0	0	56
5	70	10	3	1	0	0	84
6	7	12	4	1	1	0	25
Σ	150	73	30	15	4	3	275

Tab. 18: Bevorzugung bestimmter Positionen (1-6) bei allen Wahlen, beginnend mit der Primärwahl. Die 1. Spalte spiegelt bestimmte primäre Positionsvorlieben wider.

Ergebnisse:

Die Zweifach-Musterwahl hatte bei allen Tieren zumindest vorübergehend deutliche Seiten-Präferenzen aufkommen lassen. Der Übergang zur Sechsfach-Musterwahl verfolgte u.a. auch die Absicht, wenigstens extreme Seitenstetigkeit zu verhindern.

In den Tab. 15-18 ist nachzulesen, ob bestimmte Positionen bevorzugt wurden, und zwar getrennt für alle Primärwahlen, Zweitwahlen usw.

Die O-Hypothese würde für die Primärwahlen lauten: Alle Positonen werden gleich häufig gewählt. Die Verteilungen der Häufigkeiten in der ersten Spalte lassen ohne jegliche Berechnung schon rein anschaulich erkennen, daß alle Raben Positions-Präferenzen entwickelten.

Ben bevorzugte die Positionen 1-3, innerhalb dieser Positionen wiederum deutlich die 2. (Tab. 15).

Little Joe sucht überzufällig häufig die Positionen fünf und sechs. (Tab. 16)

Adam konzentrierte sich vor allem auf die dritte Position. (Tab. 17). Moss dagegen, der das Prinzip der Musterwahl noch am häufigsten befolgte, wird besonders von der fünften Position angezogen, wenngleich die Verteilung seiner Wahlen pro Position noch vergleichsweise "günstig" aussieht. (Tab.18) Er berücksichtigt nämlich alle Positionen, was vor allem aus der Verteilung der Zweitwahlen hervorgeht. Hier ist die Gleichverteilung realisiert, so daß bei Moss die bestehenden Positions-Präferenzen ausschließlich bei den Primärwahlen gelten.

Bis auf eine Einschränkung gelten die eben getroffenen Bemerkungen auch für Adam, denn er läßt Position sechs sowohl bei den Primärwahlen als auch bei allen folgenden Wahlen ziemlich unberücksichtigt.

In der letzten Spalte der Tab. 15-18 sind die Summen aller Wahlen pro Position angegeben, um abzulesen, ob primär gemiedene Positionen wenigstens bei späteren Wahlen innerhalb eines Versuchs doch noch aufgesucht werden. Dabei muß man natürlich im Auge behalten, daß ein Rabe, der (wie Adam) häufig bis zum Auffinden des Köders wählt, zumindest bei späteren Wahlen gezwungen ist, auch nicht präferierte Positionen aufzusuchen.

Wenn demnach die Anzahlen der Wahlen einer bestimmten Position im Verlaufe von der Primärwahl bis zur sechsten Wahl zunehmen, dann darf man dieses Phänomen so interpretieren, daß der Rabe nach erfolgloser Suche bei den bevorzugten Positionen nun gezwungenermaßen auch vorher gemiedene Positionen aufsucht.

Dieser Verlauf wird bei Hoss nicht sehr deutlich, bei Adam aber doch sehr. Bei ihm ist "Position sechs" prinzipiell eher gemieden, aber wenn er woanders den Köder nicht findet, so geht er auch noch zur sechsten Position.

Bei Little Joe zeigt sich ein Phänomen, das in einem anderen Programm noch exakter erörtert wird, nämlich nach einem Fehlversuch den räumlich nächsten Napf aufzusuchen. Die Häufigkeiten der Wahlen pro Position ballen sich von unten links nach oben rechts, d.h. bei den Primärwahlen bevorzugt Little Joe die Positionen fünf und sechs, hat er aber dort keinen

Erfolg, so "arbeitet" er sich nach rechts weiter durch. So gelangt er bei der dritten Wahl bei den Positionen vier und drei an, bei der vierten Wahl bei drei und zwei. Die Summe aller Wahlen pro Position bestätigt diese "Taktik", denn von Position sechs zu eins wird die Summe aller Wahlen immer kleiner. Die Betrachtung der Zweitwahlen bei Ben läßt vermuten, daß bei mehreren Wahlen innerhalb eines Versuches die Übergangswahrscheinlichkeiten für die einzelnen Positionen verschieden sind. So kann man wohl annehmen, daß bei der Primärwahl Mißerfolg bei "Position zwei" ihn höchst wahrscheinlich zu "Position eins" bei der sich anschließenden Wahl führt. Da diese Betrachtung jedoch ebenfalls ein Vorgriff auf ein weiteres Programm ist, soll dieser Aspekt nicht weiter verfolgt werden.

Eine andere Beobachtung bei Bens Verteilung ist viel "aufregender": Bei den Primärwahlen meidet Ben "Position vier" absolut. Lediglich an dritter Stelle erfolgen zwei Wahlen bei "Position vier", aber das ist auch alles. Doch nicht genug: "Position fünf" wird vierzehnmal aufgesucht, und zwar ausschließlich an erster Stelle. Betrachtet man die Matrix von Ben, so steht man völlig ratlos davor und sagt sich, " das ist einfach absurd ".

Im folgenden soll versucht werden, einige Aspekte der Verlaufsanalyse von Positions - Präferenzen herauszustellen, um möglicherweise etwas mehr Licht in das Dunkel zu bringen. Vorweg sei angemerkt, daß bei allen Tieren die Positions-Bevorzugungen sich im Verlaufe der Untersuchung änderten.

Differenziert man nicht nach Primärwahlen, Zweitwahlen usw., so hat Ben innerhalb der ersten fünfzig Versuche alle Positionen aufgesucht. Nach ziemlich deutlicher Seitestetigkeit bei der Zweifach-Wahl wurde bei der Sechsfach-Wahl zunächst die Fixierung quasi "aufgebrochen". Bei den Versuchen 51 - 100 begann dann wieder die Einengung des Handlungsbereiches durch Vermeidung von "Position sechs". Innerhalb der Versuche 101 - 150 wurde "Position vier" aufgegeben, nach Versuch Nr. 121 war auch "Position fünf" "eliminiert", so daß für die weiteren rund 200 Versuche nur noch die ersten drei Positionen ausgenutzt wurden.

Während dieser 200 Versuche wechselte die "Vorliebe" für die Positionen 1, 2 oder 3. Vor der Sommerpause konzentrierte er sich auf "Position zwei", nachher auf die erste Position. Beim Übergang zum "unsystematischen" Lernen wechselte er wieder auf die zweite Position über, behielt aber ansonsten sein Wahlverhalten unverändert bei.

Zu "Position vier" geht Ben insgesamt zweimal, und zwar jeweils an dritter Stelle. In beiden Fällen findet er dort keinen Köder vor. Die Versuchsprotokolle liefern absolut keine Hinweise für die Vermeidung der vierten Position. Die Körperhaltung Bens vor den Näpfen würde sogar bevorzugt Wahlen bei der vierten Position erwarten lassen, denn Ben stand normalerweise vor dem zweiten und dritten Napf, so daß er ohne Mühe an den Napf direkt links neben ihm hätte kommen können. Im übrigen müßte es schon ein recht "traumatisches" Erlebnis gewesen sein, das Ben für Monate

inklusive zweimonatiger Pause, von einer z e n t r a l gelegenen Position hätte fernhalten können. Kurz: Eine sinnvolle Erklärung für das Vermeidungsverhalten kann nicht gegeben werden.

Die Versuche hatten begonnen mit einer positiven Lösung bei "Position fünf". Dreimal hintereinander (Versuche 23-25) wählt Ben auf Anhieb richtig bei den Positionen 1, 5 und 2. In der Folgezeit konzentriert er sich zwar auf die ersten drei Positionen, guckt jedoch immer wieder ganz "demonstrativ" zur fünften Position hin. Insgesamt vierzehnmal sucht er "Position fünf" auf. "Position sechs" wird einmal ohne Erfolg gewählt. Obwohl er aber, wie das nächste Programm noch zeigen wird, relativ viel Erfolg bei "Position fünf" hat, gibt er sie mehr und mehr auf.

Adam schwankt in seiner Vorliebe hauptsächlich zwischen der dritten und vierten Position. Bereits im ersten Versuch hatte er eine positive Lösung bei "Position fünf", im dritten Versuch bei "Position zwei" und zwei Versuche später wählt er korrekt die dritte Position. Also wird man zumindest vom Versuchsbeginn her nicht unbedingt folgern dürfen, daß die mittleren Positionen via Erfolg differentiell adressiert wurden.

Bei Little Joe dagegen können diese Interpretationen zutreffen: Innerhalb der ersten 24 Versuche war "Position fünf" insgesamt viermal positiv und genau viermal traf Little Joe ins "Schwarze". Allerdings waren in dieser Phase auch richtige Lösungen bei den Positionen drei (zweimal) und zwei. Fortan wurden die Positionen fünf und sechs bevorzugt, und zwar

so eindeutig, daß Little Joe 130 Versuche hintereinander primär lediglich diese beiden Positionen berücksichtigte. Dann wechselte er (signifikant) auf "Position vier", später noch auf drei über. Gegen Ende der Phase "systematischen" Lernens und erst recht in der des "unsystematischen" Vorgehens nimmt die Ausprägung bestimmter Positions-Präferenzen etwas ab, wenngleich die beiden ersten Positionen zumindest bei Primärwahlen nicht mehr berücksichtigt werden. Auch Little Joe grenzt also ähnlich Ben das Handlungsfeld im Verlaufe der Untersuchung ein.

"Position fünf" wurde auch von Hoss bevorzugt, der ebenfalls positive Lösungen zunächst bei anderen Positionen hatte. Bei ihm fiel folgendes auf: Hoss steht gewöhnlich schräg vor dem dritten und vierten Napf, so daß der Kopf auf die dritte Position zeigt und der vierte Napf quasi links neben dem Körper liegt. Er steht also von den Positionen vier bis sechs eher abgewandt. Diese Stellung verändert sich gewöhnlich nur in einer Richtung, d.h. er dreht sich und steht nun parallel zu den Positionen drei und vier, blickt also direkt auf die zweite Position.

Aus allen Stellungen öffnet Hoss überzufällig häufig Näpfe, die quasi h i n t e r ihm liegen, d.h. er pickt sozusagen zurück. Insofern entspricht seiner Körperstellung vor der Versuchsanordnung eigentlich überhaupt nicht die Bevorzugung der fünften Position. Beim Beobachter erzeugte dieses Verhalten große Spannung: Einmal bewegte sich Hoss' Schnabel nur 2cm entfernt vor dem (richtigen) Napf an "Position drei", man antizipierte schon die positive

Lösung, doch dann drehte er sich um und öffnete den Napf links außen. Umgekehrt kam es vor, daß ich einen Versuch gerade unter "Fehlversuch" einreihen wollte, als Hoss mit einer großen Kopfverrenkung den richtigen Napf öffnete.

Zusammenfassend darf man sagen, daß alle Raben Positions-Präferenzen zeigen, die allerdings auf Primärwahlen beschränkt sein können. Ferner hat sich ergeben, daß sich derartige Präferenzen ziemlich häufig ändern. Die Interpretation dieses Verhaltens wird im Zusammenhang mit den Ergebnissen der anderen Programme erörtert werden.

5. Positions-Lösungs-Programm

a) Untersuchungsfrage des Programms:

Dieses Programm steht in enger Verbindung zum Positions-Präferenzen-Programm. Die Zusatzfrage bei diesem Programm besteht darin, zu untersuchen, bei welchen Positionen die auf Anhieb richtigen Lösungen erzielt wurden. Dabei ist grundsätzlich zu erwarten, daß dort mehr richtige Lösungen auftauchen, wo das Tier häufiger hingeht. Daß die Zufallsmatrix, auf der die Verteilung der richtigen Lösungen bei bestimmten Positionen beruht, hier Grenzen setzt, bedarf wohl keiner weiteren Klärung.

- b) Für jedes Tier getrennt ist angeführt, auf welche Positionen sich die auf Anhieb richtigen Lösungen verteilen. Das Verhältnis zwischen Positions-Präferenz und Lösungshäufigkeit pro Position ist in einer Prozentzahl angegeben (Tab. 19).

		Positionen 1-6 (von rechts nach links)					
		1	2	3	4	5	6
Ben	Primärzahlen	69	149	89	0	14	1
	auf Anhieb richtige Lösungen	14 (21 %)	34 (23 %)	19 (21 %)	0	5 (36 %)	0
Hoss	Primärzahlen	5	12	20	36	70	7
	auf Anhieb richtige Lösungen	0	5 (42 %)	8 (40 %)	9 (25 %)	18 (26 %)	3 (43 %)
Adam	Primärzahlen	25	41	101	59	13	2
	auf Anhieb richtige Lösungen	4 (16 %)	9 (22 %)	18 (18 %)	8 (14 %)	4 (31 %)	2 (100 %)
Little Joe	Primärzahlen	1	5	52	51	109	115
	auf Anhieb richtige Lösungen	0	2 (40 %)	9 (17 %)	7 (14 %)	16 (15 %)	18 (16 %)

Tab. 19: Die auf Anhieb richtigen Lösungen bezogen auf die Positionen 1-6, d. h. bei welchen Positionen die richtigen Lösungen erzielt wurden. Die Prozentzahlen geben das Verhältnis von "Primärzahlen" und "auf Anhieb richtigen Lösungen" wieder. Erwarten würde man 17 % bei genügend großer Stichprobe.

c) Verrechnung der Daten:

Die unter b) angeführten Prozentzahlen sollen lediglich einen besseren Eindruck über die Verteilung geben. Berechnungen zur Zufallswahrscheinlichkeit der einzelnen Häufigkeiten können wegen des allgemein kleinen N nur mit Vorbehalt in wenigen Fällen durchgeführt werden (s.a.Text).

d) Aussagemöglichkeiten und -grenzen des Programms:

Bei genügend großen Häufigkeiten könnten überzufällige Verteilungen vorsichtig so interpretiert werden, daß ein Tier bei bestimmten Positionen besser "motiviert" war, "aufmerksamer" gewählt hat. Oder: Die richtige Lösung hat der Rabe bevorzugt bei bestimmten Positionen gesucht.

Ergebnisse:

Die Verlaufsanalyse der Positions-Präferenzen bei Little Joe ließ vermuten, daß differentielle Konditionierung stattgefunden haben könnte. Zur Klärung dieser Frage wäre es interessant zu wissen, bei wie viel Prozent der Primärwahlen pro Position ein Tier Futter bekommen hatte, woraus der Verstärkungstheoretiker folgern könnte, daß damit u.a. auch die Wahl bestimmter Positionen verstärkt würde.

Die Ergebnisse sind Tab. 19 zu entnehmen.

Bei Ben spielt bekanntlich "Position fünf" während der ersten hundert Versuche eine besondere Rolle, indem er sich zwar vorwiegend auf die ersten drei Positionen konzentrierte, daneben aber immer wieder "Position fünf" im Auge behielt. Bei nur 15 Primärwahlen erreichte

er immerhin mit fünf "Treffern" die beste "Ausbeute". Trotzdem gab er die fünfte Position bald auf.

Hoss dagegen erzielte sein bestes Lösungsverhältnis bei "Position drei", wählte aber bevorzugt "Position fünf". Adam vernachlässigte bei den Primärwahlen die Positionen fünf und sechs, wenn er aber diese aufsuchte, war er recht erfolgreich.

Bei Little Joe ist dieses Phänomen nicht ganz so auffällig, könnte sich jedoch andeuten bei "Position zwei". Es zeigt sich also ziemlich deutlich, daß nicht bevorzugte Positionen im Verhältnis nicht weniger "verstärkt" wurden als besonders häufig aufgesuchte Positionen. Man könnte sogar 'umgekehrt' annehmen, daß ein Tier eine grundsätzlich nicht bevorzugte Position erst dann aufsucht, wenn es mit sehr großer Wahrscheinlichkeit dort auch einen Köder zu finden vermutet. Also würde das Tier erst bei einer sehr geringen subjektiven Unsicherheit die sonst bevorzugte Position vorübergehend verlassen. Zumindest Bens Lösungsverhalten bei "Position fünf" stützt diese Hypothese.

6. Verstärkungsprogramm

a) Untersuchungsfrage des Programms:

Dieses Programm soll untersuchen, ob ein Rabe bevorzugt die Punktmenge oder Position aufsucht, bei der er bei der letzten Wahl des vorangehenden Versuchs einen Köder vorgefunden hat.

Die Gegenprüfung bestünde darin, ob ein Tier die zuletzt belohnte Punktmenge oder Position gerade meiden würde. Beide Verhaltensweisen kommen vor (LEVINE 1965).

b) Darstellung der Daten:

Aus der Fülle der Berechnungsmöglichkeiten sind quasi pars pro toto nur solche herausgegriffen worden, die auffällige Ergebnisse zeigten. Erwarteten Häufigkeiten sind die beobachteten Wahlen gegenübergestellt. Die erwarteten Werte sind nicht theoretisch errechnet, sondern entsprechen den tatsächlichen Häufigkeiten, wie sie der Matrix entnommen werden konnten. Bezüglich des Aufeinanderfolgens positiver Lösungen an derselben Position oder bei derselben Punktmenge war die Ausgangsmatrix *n i c h t* zufallsartig konstruiert, d.h. Positions- oder Punktmengenwechsel traten überzufällig wenig oder *h ä u f i g* auf (Tab. 20).

c) Verrechnung der Daten:

Mittels χ^2 -Test wurden erwartete und tatsächlich vorkommende Häufigkeiten verglichen.

d) Aussagemöglichkeiten und -grenzen des Programms:

Die Aussage des Programms wird relativiert durch die Ergebnisse anderer Programme (z.B. 3, 4), dennoch ist eine teilweise Beantwortung der Untersuchungsfrage durchaus möglich und gerechtfertigt.

	Berechnung des erwarteten Wertes	erwarteter Wert	beobachteter Wert	Bemerkungen
Ben	Häufigkeit, mit der die Positionen 1-3 zweimal hintereinander positiv sind	22	47	$p < 1\% \text{ (s.s.)}$
Hoss	Häufigkeit, mit der die Position Nr.5 zweimal hintereinander positiv ist	3	12	$p < 1\% \text{ (s.s.)}$
Adam	Häufigkeit mit der die Punktmenge 1 zweimal hintereinander positiv ist	3	12	$p < 1\% \text{ (s.s.)}$
Little Joe	Häufigkeit mit der alle Punktmengen (1-6) zweimal hintereinander positiv sind	43	20	$p < 1\% \text{ (s.s.)}$

Tab. 20: Wiederaufsuchen oder Meiden bestimmter Positionen
oder Punktmengen nach einer richtigen Wahl

Ergebnis:

Das letzte Programm erörterte den Zusammenhang zwischen Positions-Präferenzen und deren relativer "Ausnutzung" unter dem Aspekt der "Verstärkung". Inwieweit die Verstärkung (aus der Sicht der Verstärkungs-Theoretiker muß der Köder so interpretiert werden) handlungsbestimmend ist, soll hier diskutiert werden.

LEVINE (1965) folgend wurden die Primärwahlen aller Tiere nach folgenden Gesichtspunkten untersucht:

1. Wiederaufsuchen einer Position, die beim letzten Versuch positiv war.
2. Wiederaufsuchen einer Punktmenge, die beim letzten Versuch positiv war.
3. Abwenden von einer Position, die beim letzten Versuch positiv war.
4. Abwenden von einer Punktmenge, die beim letzten Versuch positiv war.

Da alle Tiere deutliche Positions-Präferenzen zeigten, die in gewisser Weise dem dritten Untersuchungsaspekt widersprechen, wurden Berechnungen zu (3) weggelassen.

Tab. 2o zeigt, daß Ben überzufällig die Position wieder aufsucht, bei der er zuletzt einen Köder gefunden hat. Bei der Einengung seines Handlungsfeldes ist das kein überraschendes Ergebnis. Bei Hoss ist lediglich die Präferenz für Position fünf in anderer Form wiedergegeben. In der zweiten Versuchsphase nach der Sommerpause bevorzugte Adam bekanntlich Punktmenge eins, wobei er dann die "eins" häufig wiederwählte, wenn er dort beim letzten Versuch den Köder gefunden hatte. Little Joe schließlich

mied innerhalb der "systematischen" Lernphase Punktmengen (= bestimmte prägnante Punkt-Figuren), die bei seiner letzten Wahl beködert waren.

Da die Resultate dieses Programms allein betrachtet nicht sehr aussagekräftig sind, können sie nur in einer zusammenhängenden Analyse erörtert werden. Es scheint aber so, daß die von LEVINE beschriebenen Reaktionsformen auch in der vorliegenden Untersuchung angedeutet sind.

7. Positions-Übergangs-Programm

a) Untersuchungsfrage des Programms:

Sowohl bei den völlig zufällig wählenden als auch bei dem strikt das Prinzip der Musterwahl befolgenden Raben mußte man annehmen, daß die Häufigkeiten der Übergänge von einer Position zur anderen gleichverteilt wären. Voraussetzung für dieses Programm ist natürlich, daß der Rabe mindestens zwei Wahlen pro Versuch gemacht hat. Die beiden oben genannten "Wahl-Verhaltensweisen" sind natürlich Extreme, kommen also bei schwierigen Aufgaben nicht vor. Hier interessiert, ob es tatsächlich Unterschiede bei Positions-Übergängen gibt, d.h. geht das Tier gleich häufig von Position eins zu fünf wie von eins zu zwei; oder geht es eher von eins zu sechs als umgekehrt ?

b) Darstellung der Daten:

Die Häufigkeiten der Übergänge von einer Position zur anderen sind bei allen Versuchen mit mehr als einer Wahl ausgezählt worden und

in einer Matrix dargestellt (Tab. 21 - 24).
Tab. 25 gibt an, wie häufig wie viele Näpfe
übersprungen wurden, und zwar nach links oder
rechts.

c) Verrechnung der Daten:

Die Verrechnung dieser Häufigkeiten kann
natürlich nur in Verbindung mit den Ergebnissen
anderer Programme (z.B. 3, 4) vorgenommen wer-
den. Einzelfragen können aber auch isoliert
betrachtet werden.

d) Aussagemöglichkeiten und -grenzen des
Programms:

Die Verbindung zu anderen Programmen macht
die Auswertung schwierig, dennoch können
tier-spezifische Übergangs-Präferenzen nach-
gewiesen werden.

Ergebnisse:

Für Ben zeigt Tab. 21, daß er Zweit - und Dritt-
wahlen nach einer erfolglosen Primärwahl nach
einer gewissen Gesetzmäßigkeit trifft. Wir ver-
nachlässigen einmal alle anderen möglichen
Präferenzen bzw. Handeln nach dem Prinzip der
Musterwahl, indem wir nämlich davon ausgehen,
daß all diese Wahlkriterien zufällig und un-
systematisch in das Positions-Übergangsprogramm
eingehen. Demnach geht Ben von Position eins
eher nach zwei, dann nach drei. Von Position
zwei geht er bevorzugt nach rechts zu Position
eins. Von Position drei geht er ebenso häufig
zu Position zwei oder eins. Der Übergang von
drei zu eins scheint also für Ben "näher" zu
sein als von eins zu drei. Interessanterweise
sind die beiden einzigen Wahlen der Position

Übergänge von Position zu Position	zu Position					
	1	2	3	4	5	6
1	0	33	21	1	0	0
2	123	0	16	1	0	0
3	36	42	0	0	0	0
4	0	0	1	0	0	0
5	1	6	2	0	0	0
6	0	0	1	0	0	0
Σ	160	81	41	2	0	0
						284

Tab.: 21 Häufigkeiten der Übergänge zwischen allen Positionen bei Versuchen mit mehr als einer Wahl.

Übergänge von Position zu Position	zu Position					
	1	2	3	4	5	6
1	0	4	0	0	1	0
2	10	0	4	2	0	2
3	2	8	0	4	4	0
4	4	7	8	0	5	4
5	4	8	6	13	0	12
6	3	3	1	1	4	0
Σ	23	30	19	20	14	18
						124

von Position

Tab.: 22 Häufigkeiten der Übergänge zwischen allen Positionen bei Versuchen mit mehr als einer Wahl.

zu Position

Übergänge von Position zu Position	1	2	3	4	5	6	Σ
1	0	2	8	23	19	9	61.
2	45	0	12	12	9	2	80
3	27	38	0	43	12	4	124
4	7	21	22	0	46	6	102
5	6	7	14	4	0	28	59
6	2	8	9	4	1	0	24
Σ	87	76	65	86	87	49	450

Tab.: 23 Häufigkeiten der Übergänge zwischen allen Positionen bei Versuchen mit mehr als einer Wahl.

Tier: Little Joe

zu Position

Übergang von Position zu Position	1	2	3	4	5	6	Σ
1	0	0	0	2	0	0	2
2	1	0	1	5	6	0	13
3	0	33	0	16	23	2	74
4	0	5	24	0	20	26	75
5	1	2	15	20	0	70	108
6	1	2	25	27	50	0	105
Σ	3	42	65	70	99	98	377

Tab.: 24 Häufigkeiten der Übergänge zwischen allen Positionen bei Versuchen mit mehr als einer Wahl.

Übersprungene Positionen (incl. d. Zielposition) bei Versuchen

mit mehr als einer Wahl

	1		2		3		4		5		Σ
	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts links
Ben	166 Σ 215	49	38 Σ 60	22	7 Σ 8	1	1 Σ 1	0	0 Σ 0	0	212 Σ 284
Hoss	43 Σ 72	29	16 Σ 26	10	13 Σ 13	0	7 Σ 10	3	0 Σ 3	3	82 Σ 124
Adam	110 Σ 241	131	66 Σ 104	38	23 Σ 59	36	14 Σ 35	21	2 Σ 11	9	215 Σ 250
Little Joe	128 Σ 235	107	47 Σ 101	54	27 Σ 37	10	3 Σ 3	0	1 Σ 1	0	206 Σ 377

Tab.: 25 Häufigkeiten der Wahlen, die nach einer erfolglosen Wahl getroffen wurden, und zwar danach aufgesplittet, ob nächstliegende Näpfe bevorzugt gewählt werden.

vier das Ergebnis eines für Ben recht großen "Sprunges", denn Position vier wählt er im Anschluß an Position eins bzw. zwei, überspringt also hierbei sonst häufig aufgesuchte Positionen. Insgesamt ist der Übergang zu Position (=Spaltensumme) eins. für Ben sehr wahrscheinlich. Die Zeilensummen sind insofern interessant, weil man hier, wenn auch mit Vorbehalt, ablesen kann, wie häufig nach Wahl einer bestimmten Position weitere Positionen aufgesucht wurden. Mehr oder weniger einsichtig sind bei dieser Berechnung niedrige Werte bei den Extrempositionen, d.h. das Tier bricht die Suche nach dem Köder bei den Positionen eins oder sechs eher ab als bei mittleren Positionen. Für Ben trifft diese Annahme zu, denn von Position eins geht er relativ selten weiter. Allerdings ist die Betrachtung der Ergebnisse Bens wegen der besonderen Positions-Präferenzen schwierig.

Hoss (Tab.22) dagegen zeigt eine recht ausgeglichene Matrix, die vermuten läßt, daß er das Prinzip der Musterwahl recht gut oder überhaupt nicht befolgte. So spiegeln die verschiedenen Präferenz-Matrizen indirekt wieder, inwieweit das Lernkriterium erfüllt wurde. Die Betrachtung der Spaltsummen zeigt, daß Hoss besonders die ersten Positionen bei Zweit-, Drittwahlen usw. aufsucht, was sich dadurch erklärt, daß Hoss ebenfalls Positions-Präferenzen zeigte ("Position fünf"). Die Zeilensummen entsprechen in ihrer Verteilung der bereits geäußerten Vermutung, daß bei den extremen Positionen die Suche eher abgebrochen wird. Da Hoss insgesamt nur 150 Versuche durchgeführt hat, ferner fast ein Drittel davon auf Anhieb richtig

löste, schließlich nur 1.83 Wahlen pro Versuch traf, sind die Einzelhäufigkeiten innerhalb der Matrix zu klein, um eine Detailanalyse zu wagen. Es zeigt sich aber doch, daß es Hoss "leichter" fällt, von den Positionen fünf und sechs nach den ersten beiden Positionen zu gehen als umgekehrt.

Bei Adam (Tab.23) zeigt die Betrachtung der Spaltsummen, daß Position sechs quasi "weiter" entfernt ist als alle anderen. Die Verteilung der Zeilensummen entspricht sehr schön unserer Hypothese. Bei Adam fördert jedoch auch die Einzelanalyse Bemerkenswertes zutage: Von "Position eins" "springt" Adam bevorzugt zu den Positionen vier und fünf, ferner ebenso häufig zu sechs wie zu zwei. Hier zeigt sich sehr deutlich, daß er die der Eins näheren Position meidet. Von Position zwei geht er dagegen sehr häufig weiter nach rechts. Faßt man diese Ergebnisse zusammen, so kann man folgern, daß Adam Position zwei auf dem "Hinweg" (also nach rechts wählend) berücksichtigt, selten aber auf dem "Rückweg" (von rechts nach links wählend). Eine gewisse Zäsur liegt für Adam in der vierten Position. Von Position drei aus geht er nämlich fast ebenso häufig nach zwei oder vier, wenngleich die Tendenz nach rechts offensichtlich ist. Von den Positionen vier und fünf dagegen geht er überwiegend nach links, also nach fünf und sechs. So determiniert die Primärwahl in gewisser Weise das weitere Vorgehen. Insgesamt darf man auch bemerken, daß Adam "Sprünge" über mehrere Positionen nicht gerade selten macht.

Bei Little Joe (Tab.24) kann man dies nicht unbedingt behaupten. Er wählt ziemlich auffallend Näpfe, die in der Nähe der Primärwahl liegen. Zu "Position eins" geht er extrem selten, zu den rechten Positionen dagegen sehr häufig (s. Spaltensummen). Eben weil er bei den Primärwahlen die äußeren rechten Positionen bevorzugt, geht er auch entsprechend häufig von ihnen weiter, wenn er den Köder dort nicht gefunden hat. Die Matrix ist in etwa das Gegenstück zu der Bens. Von "Position sechs" sucht er in absteigender Häufigkeit die weiteren Positionen auf. Von "Position fünf" geht er überwiegend nach links. Ausgehend von "Position vier" ist die Weiterwahl nach rechts oder links ausgeglichen, erst bei "Position drei" "kippt" die Tendenz um, d.h. Little Joe geht eher nach rechts zu "Position zwei", allerdings nie zu eins.

Tab. 25 stellt noch einmal für alle Tiere gemeinsam dar, wie häufig wie viele Positionen sowohl nach rechts als auch nach links übersprungen werden. Die Zielposition wurde mitgerechnet, obwohl genau genommen ja nur vier Positionen bei der Sechsfach-Wahl übersprungen werden können.

Von Versuch Nr. 121 an sucht Ben nur noch die ersten drei Positionen auf. Seine Möglichkeiten, größere Sprünge zu machen, sind demnach ziemlich begrenzt. Trotz dieser Einschränkung des Handlungsfeldes könnte man annehmen, daß die Übergänge zwischen den einzelnen Positionen gleich häufig sind, doch sahen wir bereits, daß dem nicht so war. Trotz der ausgeprägten Rechts-Stetigkeit überspringt Ben mehr als eine Position ebenfalls lieber nach rechts.

Das ist zweifellos kurios !

Bei Hoss scheint dieses Ergebnis eher einsichtig, denn er bevorzugt eher linke Positionen (vor allem "Position fünf"), kann also logischerweise größere Sprünge nur nach rechts machen. Das kommt auch in den Häufigkeiten zum Ausdruck.

Adam wiederum suchte überzufällig häufig mittlere Positionen auf. Dementsprechend sind die Häufigkeiten größerer Sprünge für beide Seiten ausgeglichen. Lediglich die Extreme unterscheiden sich: Von Position sechs zu eins geht Adam zweimal, von Position eins zu sechs aber neunmal.

Little Joe hatte ebenso wie Hoss zunächst die linken Positionen häufiger aufgesucht, auch er kann größere Sprünge nur nach rechts machen. Das relativ ausgeglichene Ergebnis bezüglich der Übergänge nach links und rechts (171 : 206) kommt lediglich dadurch zustande, daß Little Joe so häufig von Position fünf zu sechs überwechselte.

Addiert man die Häufigkeiten der Spalten vier und fünf, so hat man die Summe der Ereignisse , wo zwischen zwei Wahlen exakt drei und vier Näpfe übersprungen wurden. Dies ereignete sich bei Ben nur einmal, kam bei Hoss dreizehnmal und bei Adam 46mal vor und wurde bei Little Joe lediglich viermal beobachtet. Vernachlässigt man einmal die diversen Positions-Präferenzen und die absolute Anzahl aller Nicht-Primärwahlen, so wird dadurch deutlich, daß Sprünge über mehrere Näpfe nicht für alle Raben gleich wahrscheinlich sind.

8. Zahlgebilde-Präferenzen-Programm

a) Untersuchungsfrage des Programms:

Eine Vielzahl von Untersuchungen hat gezeigt, daß Tiere bei "freier Auswahl" bestimmte Gebilde, auch Zahlgebilde, bevorzugen (z.B. symmetrische vor asymmetrischen Gebilden). Einerseits kann man dahinter so etwas wie ein "ästhetisches Gefühl" vermuten, andererseits eine Art "differentieller Konditionierung", die vor allem bei "prägnanteren" Gebilden schneller herbeiführbar sein mag. Ob und inwieweit bestimmte Zahlgebilde, die unabhängig von der Punktmenge zu sehen sind (Das Zahlengebilde "Gliederkette" kann z.B. durch vier, fünf oder sechs Punkte = Elemente repräsentiert sein), bevorzugt werden, soll dieses Programm untersuchen.

b) Darstellung der Daten:

Die Häufigkeiten bestimmter Zahlgebilde (s.Text) wurden ausgezählt und der Summe der Wahlen dieser Zahlgebilde gegenübergestellt (Tab. 26-28). Die Zuordnung der insgesamt 44 Variationen aller sechs Punktmengen zu bestimmten Zahlgebilden wurde nach zwei verschiedenen Gesichtspunkten (Unterprogramm A und B) vorgenommen.

c) Verrechnung der Daten:

Lediglich die Häufigkeiten der Primärwahlen werden den Häufigkeiten, die der Matrix entnommen sind, gegenübergestellt.

- Die Strukturierungsarten von Zahlgebilden stammen von Herrn Prof. Witte, dem an dieser Stelle dafür mein herzlicher Dank gilt.

d) Aussagemöglichkeiten und -grenzen des Programms:

Die Ergebnisse dieses Programms lassen nur vorsichtige Schlüsse zu, denn korrekterweise hätten auch die "negativen" Zahlgebilde eines jeden Versuchs in die Betrachtung eingeschlossen werden müssen. Die Zufallsmatrix gilt nämlich nur für die richtigen Lösungen, wo bekanntlich jede Punktmenge in jeder Position gleich häufig positiv ist. Wir gehen aber nicht ganz ungerechtfertigt davon aus, daß sich die Zahlgebilde bei Herstellung der Matrix annähernd zufällig verteilt haben.

Zuordnung der insgesamt 44 Variationen aller sechs Punktmengen zu bestimmten Zahlgebilden:

Unterprogramm A: (Tab. 26 u. 27)

Bei diesem Programm werden sechs verschiedene Arten von Zahlgebilden unterschieden, wobei allerdings hinzugefügt werden muß, daß nicht alle Zuordnungen eindeutig sind. So könnten durchaus einige Variationen in mehrere Kategorien untergebracht werden. Anhand der Abb. und der hier vorgeschlagenen Klassifizierung mag der Leser die Stringenz der Einteilung nachprüfen. Die jedem Zahlgebilde zugeordneten Nummern entsprechen den laufenden Nummern der 44 Variationen aller Punktmengen (s. Abb. 9)

Zahlgebilde 1 (5, 8, 17, 20, 28, 32, 40)
umfaßt gliederartige Strukturen, wobei mindestens drei Elemente (=Punkte) zu einer "Gliederkette" gehören, der außerdem noch höchstens zwei exzentrische Elemente zugeordnet sein dürfen.

Tier: A d a m

	Zahlgebilde (1-6)						Bemerkung
	1	2	3	4	5	6	
tatsächliche Häufigkeiten der Zahlgebilde N = 242	27	32	16	43	29	16	163
Häufigkeit der Wahlen	38	27	18	46	23	6	158

$$\chi^2 = p < 5 \% (s.)$$

Tab. 26: Verteilung bestimmter Zahlgebilde bei Primärwahlen.

Zahlgebilde 1 - 6	Tatsächliche Häufigkeiten der Zahlgebilde N = 150	Häufigkeit der Wahlen	erwartete Häufigkeiten bei Hoss' rich- tigen Lösungen	beobachtete Häufigkeiten	Bemerkung
1	19	16	5	9	1) Diff. o-e = p < 5 % (s.)
2	21	28	6	10	
Σ	40	44	11 ¹⁾	19 ¹⁾	

Tab. 27: Verteilung bestimmter Zahlgebilde
bei primär positiven Wahlen.

Zahlgebilde 2 (4, 7, 10, 15, 26, 27, 30, 38)
umfaßt eher geschlossene, prägnante Strukturen mit deutlich figuralem Charakter, wobei nur ein exzentrisches Element hinzukommen darf.

Zahlgebilde 3 (13, 16, 18, 24, 29, 39, 41)
umfaßt dagegen Strukturen, die ein Mittelelement aufweisen, wobei der figurale Aspekt unterschiedlich ausgeprägt ist. Ein exzentrisches Element kann hinzukommen.

Zahlgebilde 4 (6, 9, 11, 21, 22, 33, 34, 44)
hat das "Paar" als Grundstruktur (auch Paare); exzentrische Elemente kommen vor.

Zahlgebilde 5 (12, 14, 23, 25, 35, 37, 42)
geht aus vom "Tripel", dem einzelne Elemente hinzugefügt sein können.

Zahlgebilde 6 (19, 31, 36, 43) baut auf einem "Quadrupel" auf. Weitere Elemente kommen vor.

Unterprogramm B: (Tab. 28)

Bei diesem Unterprogramm sind Vorhandensein und Lage eines einzelnen Elements die Zuordnungskategorien.

Zahlgebilde 1 (2, 5, 8, 10, 13, 15, 16, 17,
(" eng ") 18, 27, 28, 29) umfaßt all die Variationen der sechs Punktmengen wo alle Elemente vergleichsweise eng zusammenliegen, also kein exzentrisch gelegenes Element

(= Punkt) hinzukommt. Der figurale Charakter der einzelnen Variationen bleibt unberücksichtigt, d.h. er ist mehr oder weniger deutlich ausgeprägt.

Zahlgebilde 2 (3, 12, 19, 24, 38, 40)
("weit") ist in gewisser Weise das Pendant dazu: Hier werden nur solche Variationen berücksichtigt, bei denen erstens ein Einzelelement vorkommt und zweitens dieses Einzelelement maximal entfernt ist von der Elementen-Gruppe, die zudem vorwiegend Figurencharakter hat. (Bei Variation Nr. 3, die man nicht unbedingt unter dieses Zahlgebilde subsumieren muß, liegen zwei Einzellemente extrem weit auseinander).

Zahlgebilde 3 (4, 6, 7, 9, 11, 14, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 30 - 37, 39, 40)
umfaßt dementsprechend all die Variationen, bei denen die Kriterien für Zahlgebilde 1 und 2 nicht zutreffen. Die eigentliche Untersuchung gilt jedoch den beiden ersten Zahlgebilden.

Ergebnisse:

Dieses Programm untersucht quasi pauschal, was auf der Grundlage des ursprünglichen Untersuchungsthemas in einer Einzelanalyse betrachtet werden sollte. Schon bei der Zweifach-Musterwahl wird die Analyse der Wahrnehmung bestimmter Zahlgebilde schwierig; weil Fehlver-

suche mehrere Interpretationsmöglichkeiten zulassen (bei korrekten Lösungen schließen wir einmal nicht ganz gerechtfertigt Zufallslösungen aus):

1. Das Zahlgebilde auf dem Muster kann falsch erfaßt worden sein, worauf eine falsche Zuordnung und damit Wahl erfolgte.
2. Das Muster ist korrekt erfaßt, jedoch wird die Äquivalenz zu einem Zahlgebilde auf den Napfdeckeln nicht richtig hergestellt, so daß die Wahl ebenfalls falsch wird.
3. Die Äquivalenz wird korrekt hergestellt, dennoch wählt das Tier "falsch", weil nämlich zusätzliche Positions - oder Reiz - Präferenzen das Handeln mitbestimmen.

Auch beim vorliegenden Zahlgebilde-Präferenzen-Programm besteht demnach die Minimal-Interpretation darin ,daß ein Tier bestimmte Zahlgebilde in ihrer Grundstruktur erkannt und generalisiert haben muß, um sie überhaupt überzufällig häufig wählen zu können.

Bei den Primärwahlen bevorzugt Adam gliederartige Strukturen (Zahlgebilde 1) vor Quadrupeln mit 1-2 exzentrischen Elementen (Zahlgebilde 6). (Tab. 26)

Interpretiert man diese Präferenz als das Ergebnis differentieller Konditionierung, so wird die "Leistung" des Raben dadurch keineswegs geschmälert, denn in jedem Falle muß er in der Lage sein, den wesentlichen Aspekt verschiedener Punktmengen zu erkennen. Er muß die Grundstruktur unabhängig von einzelnen zusätzlichen Elementen erfassen können.

Bei Hoss wurden wiederum nicht ganz korrekt die Häufigkeiten der Zahlgebilde eins und zwei zusammengefaßt (Tab. 27). Wir glaubten das jedoch tun zu können, weil in beiden Fällen figurale Anordnungen eine wesentliche Rolle spielen. Das nicht überzufällig oft gewählte Zahlgebilde drei würde allerdings hier dazugehören. Letzten Endes geht es aber nicht darum, die Daten in eine Fülle von Signifikanzen umzufunktionieren, sondern zu zeigen, daß möglicherweise bestimmte Zahlgebilde als solche erkannt und bevorzugt werden. Besonders bedeutsam sind hierbei Präferenzen bei Tieren, die außerdem das Lernkriterium erfüllt haben, also gemäß dem Prinzip der Musterwahl handeln. Verteilt man die richtigen Primärlösungen bei Hoss auf die verschiedenen Zahlgebilde, so deutet sich zwar im Sinne der o.a. Präferenzen eine auffällige Verteilung an, die aber wegen der geringen Häufigkeiten nicht interpretierbar ist. Auch hier macht sich wieder unglücklich bemerkbar, daß die Raben nur sehr wenige Versuche absolviert hatten.

In einem weiteren Programm wurde untersucht, ob Gruppen mit eng zusammenliegenden Elementen vor solchen mit exzentrischen Elementen bevorzugt werden. Lediglich bei Adam (Tab.28) ergab sich eine auffällige Verteilung. Er bevorzugt eng beieinander liegende Punkte ohne ein exzentrisches Element.

Zusammenfassend darf man sagen, daß unabhängig von der Anzahl der Elemente deren Lage zueinander bei der Wahl eine Rolle spielen kann.

	erwartete Häufigkeit	beobachtete Häufigkeit	Bemerkung
enge Gruppen	70	88	$\chi^2 = p < 5 \% (s.)$
weite Gruppen	48	39	
gemischte Gruppen	84	74	
Σ	202	201 ¹⁾	1) Punktmenge 1 wurde nicht berücksichtigt, dadurch die unterschiedlichen Summen

Tab. 28: Gegenüberstellung von erwarteten und beobachteten Häufigkeiten bei Aufteilung der Punktmengen in 3 Kategorien: "enge Gruppen" - "weite Gruppen". In einer Kategorie können verschiedene Punktmengen sein!

9. Reaktionszeit-Programm

a) Untersuchungsfrage des Programms:

Bei Diskriminationsaufgaben wurden vorwiegend kürzere Reaktionszeiten dann gemessen, wenn das Tier auf Anhieb richtig wählte. Ob dieses Phänomen auch in den vorliegenden Versuchen nachweisbar ist, soll hier untersucht werden.

b) Darstellung der Daten:

Abb. 12 gibt die Reaktionszeiten aller vier Tiere sowohl bei allen Versuchen als auch solchen, die auf Anhieb richtig gelöst wurden wieder. Abb. 13 stellt wiederum für alle Tiere die Reaktionszeiten aller primär richtigen und falschen Wahlen zusammen und vergleicht diese. Abb. 14 befaßt sich mit unterschiedlichen Reaktionszeiten im Verlauf der Untersuchung.

c) Verrechnung der Daten:

Der Konvention entsprechend wurden die tatsächlichen Reaktionszeiten in logarithmische Werte umgerechnet, um auch auf der Basis dieser Nämierung Vergleiche zwischen den durchschnittlichen Reaktionszeiten anstellen zu können (T-Test).

d) Aussagemöglichkeiten und -grenzen des Programms:

Die geringe Anzahl primär richtiger Lösungen verhindert eine detaillierte Verlaufsanalyse der Reaktionszeiten. Dennoch vermag das Programm deutliche Unterschiede in den Reaktionszeiten herauszustellen, die allerdings auch im Zusammenhang mit dem Verhalten bei der Wahl gesehen werden müssen.

alle Versuche

primär positiv gelöste Versuche

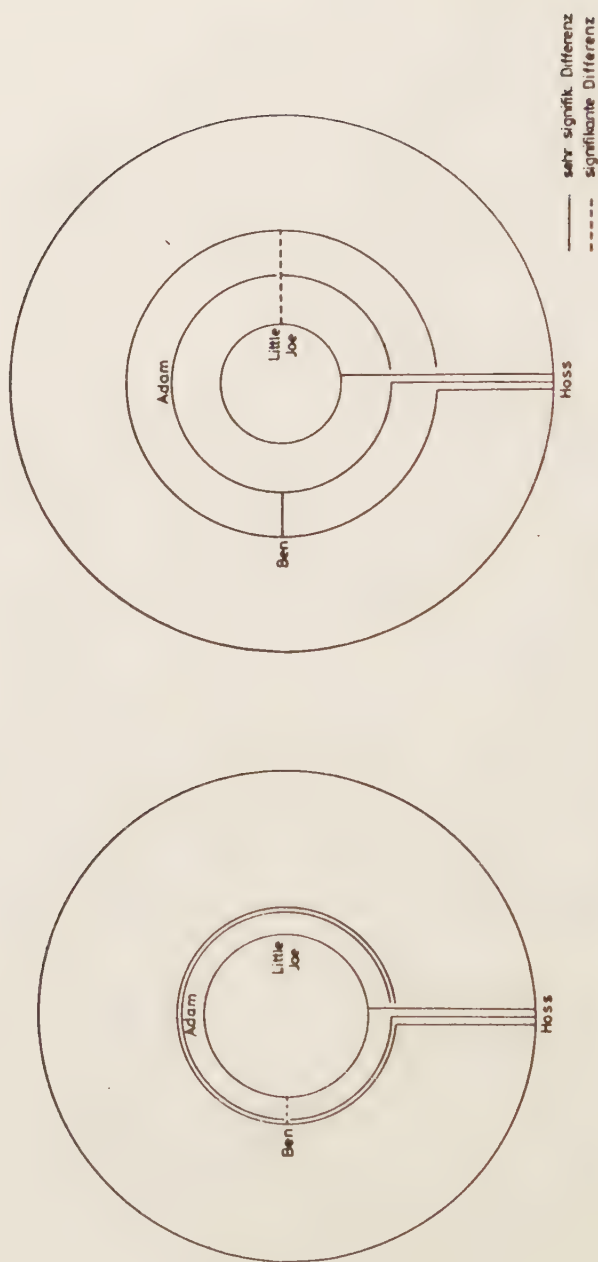


Abb. 12 Reaktionszeiten bei allen Versuchen und bei allen primär positiv gelösten Versuchen.

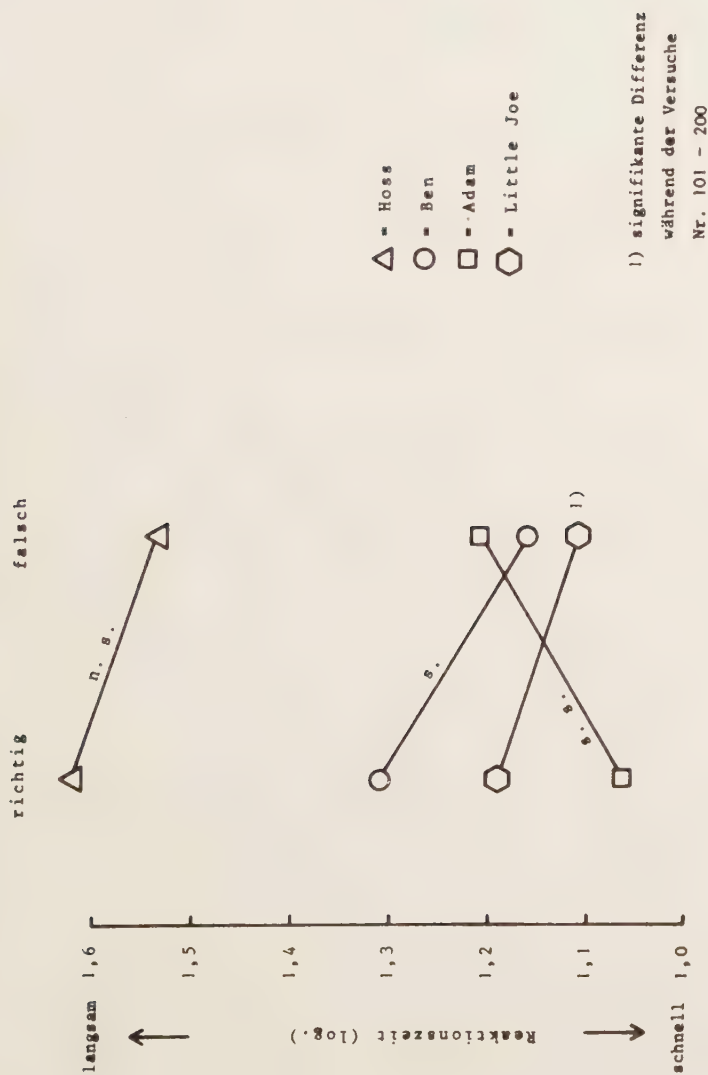


Abb. 13: Vergleich der Reaktionszeiten zwischen richtigen und falschen Primärwahlen

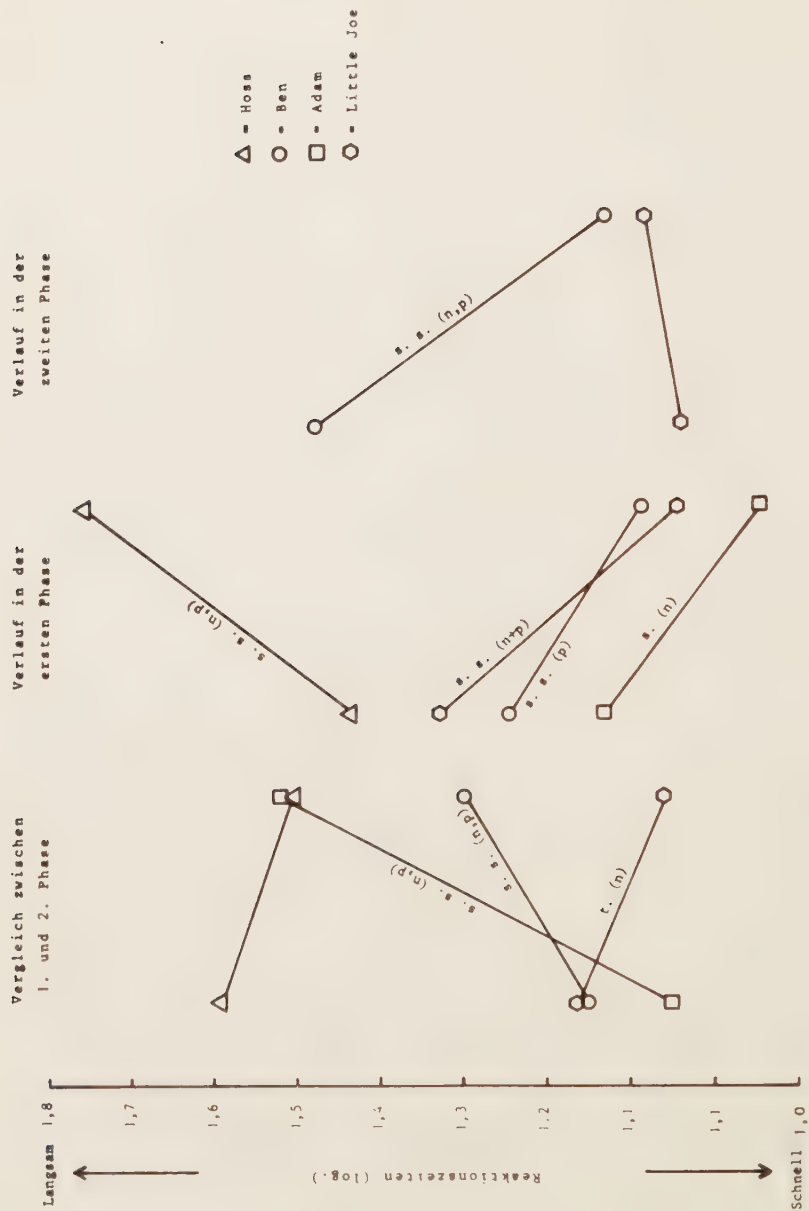


Abb. 14: Verlauf der Reaktionszeiten

Ergebnisse:

Abb. 12 stellt die Reaktionszeiten der vier Raben gegenüber, und zwar getrennt nach Primärwahlen allgemein und positiven Primärlösungen.

Bei dieser Darstellungsform entspricht die Länge der Reaktionszeit der des Radius. Demzufolge läßt sich Hoss bei allen Versuchen sehr viel mehr Zeit als Ben, Adam und Little Joe. Ben wiederum ist bedeutend langsamer als Little Joe.

Bei den positiven Primärwahlen treten die Unterschiede in der Reaktionszeiten noch deutlicher hervor.

Wiederum ist Hoss der Langsamste von allen. Ben ist langsamer als Adam und Little Joe.

Diese Unterschiede werden sehr einleuchtend auf der Folie der Wahl-Verhaltensanalyse. Erinnerung wir uns daran, daß Hoss häufig zwischen Wohnkäfig und Schleuse hin - und herhüpfte, ehe er zu den Näpfen sprang. Bei Ben dagegen war aufgefallen, daß er sehr langsam zu den Näpfen ging und äußerst vorsichtig wählte.

Noch interessanter als der interindividuelle Vergleich ist natürlich die Differenzierung der Reaktionszeiten nach positiven und negativen Primärlösungen, weil wir gemessen am Lernkriterium jeweils zwei Tiere hatten, die gelernt hatten, und zwei, bei denen das nicht der Fall war. Das Kriterium war bekanntlich die überzufällige Anzahl richtiger Primärlösungen. (Abb. 13)

Längere oder kürzere Reaktionszeiten bei positiven Wahlen sollte man dann nicht vorfinden, wenn der Rabe das Lernkriterium nicht erreicht

hat, also in Relation zum Prinzip der Musterwahl zufällig handelt. Da ferner die Berechnung der mittleren Reaktionszeiten nur Primärwahlen eingehen, dürften weder Positions- noch Punktmengen-Präferenzen etc. eine Rolle spielen. Von der Schleuse aus betrachtet sind die Entfernungen zu allen Näpfen gleich. Abb. 14 gibt die mittleren Reaktionszeiten aller Tiere getrennt für positive und negative Primärwahlen wieder.

Allein drei Raben, nämlich Hoss, Ben und Little Joe, lassen sich bei positiven Primärwahlen mehr Zeit. Bei Ben ist die Differenz signifikant, bei Little Joe lediglich während der Versuche 101-200. In drei Fällen scheint sich also die längere Inspektionszeit positiv auszuwirken. Das Resultat kehrt sich um bei Adam, der bei seinen richtigen Primärlösungen sehr signifikant schneller wählte. Dieses Ergebnis läßt sich wohl kaum anders interpretieren, als daß Adam, wie schon verschiedentlich anklang, das Prinzip der Musterwahl erfaßt haben muß. Inwieweit er es langfristig anwenden konnte, wäre eine andere Frage.

Abb. 14 stellt Verlaufsänderungen der Reaktionszeiten dar, wobei nicht mehr nach negativen und positiven Primärwahlen unterschieden ist.*

Zunächst wird die Frage untersucht, ob nach der zweimonatigen Sommerpause eine Änderung eingetreten ist. Dies trifft zu für Ben und Adam, die beide erheblich langsamer reagieren. Unbe-

* Hinter den Bemerkungen zur Signifikanz ist in einigen Fällen angegeben, ob die Differenz in der mittleren Reaktionszeit vorwiegend auf alle Primärwahlen gleichmäßig ($n + p$) zurückzuführen ist, oder eher auf negative (n, p) bzw. vorwiegend auf negative (n) oder positive (p) Primärwahlen.

deutend schneller dagegen erreichen Hoss und Little Joe die Nöpfe. Sowohl die Reaktionszeiten negativer als auch positiver Primärwahlen gehen gleichrangig in die Differenz mit ein.

Ein derartiger VERGLEICH BEIDER Phasen wird natürlich erst dann wirklich sinnvoll, wenn die Reaktionszeiten innerhalb der Phasen halbwegs konstant bleiben.

Aber auch das ist nicht der Fall.

Innerhalb der ersten Phase wird Hoss erheblich langsamer, die drei anderen Raben dagegen alle schneller. Bei Hoss und Little Joe vollzieht sich diese Entwicklung durch die veränderten Reaktionszeiten aller Primärversuche, bei Ben liegt es eher daran, daß er vor allem bei positiven Primärlösungen sehr viel schneller wird. Bei Adam ist es gerade umgekehrt.

Innerhalb der zweiten Versuchsphase nach der Sommerpause verändern sich die Reaktionszeiten nicht mehr so stark, lediglich Ben wird insgesamt sehr viel schneller bei seinen Versuchen.

So macht auch eine Verlaufsanalyse der Reaktionszeiten deutlich, daß die Raben keineswegs konstant wählen, d.h. möglicherweise auch die Aufmerksamkeitsspannen sich häufiger ändern.

10. Fehler-Analyse-Programm

a) Untersuchungsfrage des Programms:

Die Analyse der Falsch-Wahlen könnte ergeben, daß die Punktmengen bei den Negativ-Wahlen bezüglich der Anzahl ihrer Elemente vorwiegend

in der Nähe jener Punktmenge liegen, die dem Muster entsprach, also die richtige Lösung war. Man könnte sich aber auch vorstellen, daß sich die Negativ-Wahlen auf die verschiedenen Punktmengen gleich häufig verteilen, daß also statt "Punktmenge fünf" (fünf Elemente umfassend) die Punktmengen 1, 2, 3, 4 und 6 ebenso häufig gewählt werden. Je nach Ergebnis wäre die Interpretation eine gänzlich andere. Das vorliegende Programm versucht, diese für das Verständnis der Musterwahl so wichtigen Fragen zu klären.

b) Darstellung der Daten:

Zum Verständnis der Befunde sind keine Tabellen notwendig, da sich die wesentlichen Auffälligkeiten im Text darstellen lassen.

c) Verrechnung der Daten:

Die Wahrscheinlichkeiten der entsprechenden Punktmengen bei den Falschwahlen werden auf ihre Verteilung gegenüber den positiven Punktmengen geprüft.

d) Aussagemöglichkeiten und -grenzen des Programms:

Für zwei Fragestellungen sind die Ergebnisse dieses Programms notwendig (wenn auch nicht unbedingt hinreichend): Einmal wird das Problem erörtert werden müssen, ob ein Tier bei einer Falschwahl zwar das Musterwahlprinzip befolgen wollte, aber (z.B. infolge eines unzulänglichen Visus) nicht konnte,

oder aber ob es sich nur nach einem anderen Kriterium (z.B. Positions-Präferenz) richtete, als es die Negativ-Wahl traf.

Ergebnisse:

Am besten stellt man sich die Ergebnisse in einer Matrix dargestellt vor:

Diese Matrix beinhaltet 36 Felder (6 x 6), wobei die Zeilen angeben, welche Punktmengen positiv waren, die Spalten dagegen die bei den positiven Punktmengen tatsächlich gewählten (falschen) Punktmengen.

Sechs Felder der Matrix, die Diagonale, bleiben bekanntlich leer. Wenn ich also wissen will, ob sich alle Negativwahlen um höchstens ein Element von der positiven Punktmenge unterscheiden, so muß ich die Wahlhäufigkeiten in den Feldern links und rechts der Diagonale addieren. Das sind insgesamt 10 von 30 Feldern. Prüfe ich also die Summe der Häufigkeiten gegen Gleichverteilung, so gehe ich von einer erwarteten Gesamthäufigkeit von $1/3$ aus. Weicht der gefundene Wert signifikant nach oben ab, so darf ich folgern, daß die Negativwahlen bezüglich der Punktmenge den wahren Lösungen nahestehen. Weiterhin folgt daraus, daß möglicherweise das Handeln gemäß dem Musterwahlprinzip zwar beabsichtigt ist, aber nicht immer gelingt. Mehrere Gründe mögen dafür maßgebend sein, wovon zwei bedeutsam sind:

1. Das Tier vermag z.B. 5 von 6 Punkten nicht exakt zu unterscheiden;
2. das Tier wählte nach anderen Präferenzen.

Schließlich könnte man annehmen, daß die Arten der Verteilung der "Leistung" des betreffenden Raben entsprechen. Little Joe, der das Musterwahl-Prinzip größtenteils selektiv befolgte, sollte eher eine Gleichverteilung aufweisen als Hoss, der am besten nach dem Muster handelte.

Das überraschende Resultat dieser Analyse besteht darin, daß imgrunde genommen bei allen Tieren Gleichverteilung zu beobachten ist.

Das würde dafür sprechen, daß zumindest die Raben, die überzufällig häufig das Prinzip der Musterwahl befolgen, vergleichsweise unabhängig sowohl nach Muster als auch nach anderen Präferenzen wählen.

Bei Hoss wird interessanterweise die statistisch völlig unauffällige Gleichverteilung innerhalb der Matrix bei "Punktmenge fünf" durchbrochen:

War "Punktmenge fünf" positiv und Hoss hatte eine andere Punktmenge gewählt, so waren dies bevorzugt die benachbarten Punktmengen vier und sechs. Die Wahlhäufigkeiten der Punktmengen 1, 2, 3, 4 und 6: 3-2-1-6-8. Die Bevorzugung der Punktmengen vier und sechs ist gegenüber den restlichen drei statistisch gesichert. Wenn also das Muster genau fünf Elemente aufweist, scheint Hoss in seiner Wahl besonders von der Muster-Punktmenge geleitet zu sein, indem er eher ähnlich große Punktmengen bevorzugt. Möglicherweise spiegelt dieses Ergebnis auch schon die zunehmende Ungenauigkeit in der Wahrnehmung und Beurteilung wieder.

Bei Adam finden sich zwei kuriose Befunde, die von der Gleichverteilung abweichen:

Ist Punktmenge vier positiv, so ergeben sich bei den Negativwahlen folgende Häufigkeiten (von 1 - 6, ohne 4): 7-4-4-6-13; ist dagegen Punktmenge sechs positiv, so gilt entsprechendes: 6-5-14-4-11. Bei Punktmenge vier zieht es ihn also zu Punktmenge sechs, bei sechs wiederum zu drei. - Eine sinnvolle Interpretation bietet sich nicht an.

Bens ausgeglichene Verteilung beinhaltet ebenfalls keine Besonderheit:

Ist Punktmenge sechs positiv, so geht Ben besonders selten zu Punktmenge drei. Die Wahlhäufigkeiten von 1-5: 8-8-2-8-9.

Da die Ergebnisse dieses Programms nur im Zusammenhang mit denen der Präferenzen-Programme interpretiert werden können, scheint es wenig sinnvoll, allzu isoliert dastehende Auffälligkeiten einer tiefgründigen Analyse unterziehen zu wollen. Als äußerst wichtige und allgemeine Aussage dieses Programms halten wir lediglich fest, daß alle Raben bei den Negativwahlen Gleichverteilungen aufwiesen, die vermuten lassen, daß Handeln nach Muster vergleichsweise unabhängig von anderen Präferenzen geschehen könnte.

11. Präferenzen-Kombinations-Programm

a) Untersuchungsfrage_des_Programms:

Dieses Programm baut auf anderen Präferenzen-Programmen auf. Es geht aus von der Annahme, daß Primärlösungen dort gehäuft zu finden sind, wo zwei oder mehrere Präferenzen gemein-

sam auftauchen. Geht ein Rabe als bevorzugt zu Position vier und wählt ferner überzufällig häufig Punktmenge drei, so könnte man erwarten, daß er meistens auf Anhieb richtig wählt, wenn Punktmenge drei an Position vier positiv ist. Voraussetzung für dieses Programm ist demzufolge ein (wenn auch nur teilweises) Erkennen des Musterwahlprinzips.

b) Darstellung der Daten:

Die entsprechenden Werte sind im Text dargestellt; eine Tabelle schien nicht sinnvoll.

c) Verrechnung der Daten:

Die verschiedenen Häufigkeiten werden auf ihre Zufallswahrscheinlichkeit geprüft.

d) Aussagemöglichkeiten und -grenzen des Programms:

Die spätere Argumentation wird davon ausgehen, daß bestimmten Präferenzen unterschiedliche Wahrscheinlichkeiten entsprechen. Auf der Folie dieser Annahme würden sich Einzelwahrscheinlichkeiten addieren, so daß Primärlösungen häufiger auftreten müßten, wenn sie übereinstimmen mit zwei oder mehreren bedeutsamen Präferenzen.

Ergebnisse:

Alle Raben weisen mehr oder weniger deutliche Positions- und Punktmengen-Präferenzen auf, so daß sich die Kombination spezielle dieser beiden Programme anbietet.

Es gilt: Die Wahrscheinlichkeit für jede Punktmenge oder jeder Position, innerhalb eines Versuches positiv zu werden, beträgt $p = 1/6$, da es sowohl sechs Positionen als auch sechs Punktmengen gibt. Demzufolge ist die Kombination einer bestimmten Punktmenge mit einer bestimmten Position $p = 1/6 \cdot 1/6 = 1/36$. Bei 36 Versuchen ist also theoretisch einer dabei, wo z.B. Punktmenge sechs an Position 2 positiv ist. Bei diesem einen Versuch aber hat der Rabe wieder insgesamt sechs Wahlmöglichkeiten, d.h. die Kombination "Punktmenge sechs an Position zwei" wird demnach bei sechs Wahlen durchschnittlich einmal gewählt. Bei $36 \cdot 6 = 216$ Versuchen würde somit die Kombination "Punktmenge sechs an Position 2" durchschnittlich einmal gewählt.

a) Ben

Ben bevorzugte eindeutig "Position zwei", danach die "Position eins" und drei; er mied die Positionen vier bis sechs. Die Punktmengen vier bis sechs dagegen zog er denen mit ein bis drei Elementen vor.

Wir prüfen nun die Punktmengen vier bis sechs an den Positionen eins und zwei. Das sind sechs Kombinationen, also beträgt die Wahrscheinlichkeit des Auftretens dieser Kombination $p = 1/36 + 1/36 + 1/36 + 1/36 + 1/36 + 1/36 = 6/36 = 1/6$. Bei jedem sechsten Versuch ist eine der sechs Kombinationen positiv. 322 Versuche hat Ben absolviert, man würde also theoretisch $322 : 6 = 53,66$ mal eine der genannten Kombinationen erwarten dürfen. Da unsere Ausgangsmatrix Kombinationen

nicht berücksichtigt, müssen wir auszählen. Es ergeben sich 54 Kombinationen in genauer Übereinstimmung mit dem theoretischen Wert.

Bei jedem sechsten Versuch, so hatten wir festgestellt, kommt eine unserer Kombinationen vor. Bei sechs Wahlmöglichkeiten pro Versuch dürfen wir erwarten, daß nur bei jedem 36. Versuch Ben die Kombination wählt, vorausgesetzt natürlich, daß er das Musterwahl-Prinzip nicht befolgt. Da er es aber, wenn auch nur "schwach", befolgt, rechnen wir mit einem höheren Wert. Bei 322 Versuchen müßte also Ben etwa neun Treffer bei den genannten Kombinationen erzielen. Tatsächlich erreicht er 26 richtige Lösungen bei den angeführten Kombinationen. Das ist sehr bedeutsam, statistisch bedeutsamer als seine Gesamtleistung. Besonders gut ist das Ergebnis bei der Kombination von Punktmenge sechs mit Position zwei. Diese Kombination kommt insgesamt 13 mal vor (statt neunmal theoretisch, ist aber noch im Zufallsbereich gelegen), wobei in zehn Fällen Ben richtig wählt.

Wenn also zwei Präferenzen in einer Wahl kombiniert werden können, so erhöht sich die Wahrscheinlichkeit für diese betreffende Wahl.

b) Hoss

Hoss bevorzugte zumindest vorübergehend "Punktmenge sechs". "Position fünf" wählte er überzufällig häufig.

Die Kombination kommt in 36 Versuchen einmal vor; bei 150 Versuchen, die Hoss insgesamt absolvierte, wären das vier Fälle. Eine Zufalls-

lösung bei dieser Kombination würde man durchschnittlich in 216 Versuchen erwarten. Statt vier wurden innerhalb der 150 Versuche sieben Kombinationen "Punktmenge sechs bei Position fünf" ausgezählt. In allen sieben Fällen erzielte Hoss die richtige Lösung. Demnach gilt im besonderem Maße auch für Hoss die Summation der Präferenz-Wahrscheinlichkeiten.

c) Little Joe

Little Joe bevorzugte ziemlich gleichrangig die Positionen fünf und sechs, bei den Punktmengen deutet sich eine Präferenz für 5 und 6 an, sei es nur bei Primärlösungen ("Systematisches" Lernen) oder sei es bei allen Wahlen ("unsystematisches" Lernen). Das sind insgesamt vier Kombinationen, also bei durchschnittlich jedem neunten Versuch ist eine der genannten Positionen positiv. Bei zufälligem Vorgehen würde Little Joe in durchschnittlich 54 Versuchen einen Treffer erzielen.

Theoretisch betrüge die Summe der Kombinationen $\frac{4}{36}$ mal 333 = rund 40, ausgezählt wurden 46. Statt der erwarteten sechs Treffer erzielte Little Joe jedoch 17. Dies ist statistisch sehr bedeutsam. Somit gilt auch für Little Joe das "Summations-Phänomen".

d) Adam

Adam bevorzugte Position drei, Punktmengen-Präferenzen hat er jedoch nur bei Primärlösungen. Berechnet wurden die Wahlhäufigkeiten für Position drei und die Punktmengen 1, 2 und 3. Die theoretische Häufigkeit

müßte ergeben: $1/36 + 1/36 + 1/36 = 3/36 = 1/12$. Die drei Kombinationen müßten dementsprechend $242:12 =$ rund 20 mal vorkommen. Die ausgezählte Häufigkeit betrug 25 (Abweichungen nicht signifikant). Statt der erwarteten 3,36 Treffer erreichte Adam 12, also bedeutend mehr.

Zusammenfassung:

Bei sechs verschiedenen Positionen und sechs Punktmengen ergeben sich 36 Kombinationsmöglichkeiten. Für jeden Raben wurden einige für ihn typische Möglichkeiten herausgegriffen und daraufhin untersucht, ob überzufällig viele positive Primärlösungen bei den entsprechenden Kombinationen erzielt wurden.

Ben erzielte bei 4 von 36 Kombinationen 22 von insgesamt 73 Treffern (= richtige Primärwahlen).

Hoss erreichte bei einer von 36 Kombinationen 7 von 43 Treffern.

Adam erlangte bei 3 von 36 Kombinationen 12 von 45 Treffern.

Little Joe erzielte bei 4 von 36 Kombinationen 17 von 52 Treffern.

Wenn also eine Lösung durch zwei Präferenzen determiniert ist, so ist die Wahrscheinlichkeit, daß diese Lösung auch gefunden wird, deutlich überhöht. Diese Aussage gilt aber nur, wenn das Prinzip der Musterwahl wenigstens teilweise befolgt wird. Insofern bestätigen auch die Ergebnisse dieses Programms, daß Adam und Little Joe ebenfalls, wenn auch selektiv, nach Muster handelten.

12. Experimentelle Ergänzungsuntersuchungen

Von allen vier Raben schien Hoss die Versuchssituation am wenigsten zu behagen. Pro Versuchseinheit absolvierte er durchschnittlich nur 3.2 Versuche. Etwa jeden vierten Versuchstag "streikte" er völlig, machte also keinen gültigen Versuch. Deshalb wurde nach 150 Versuchen, in denen er gleichbleibend gut das Prinzip der Sechsfach-Musterwahl befolgt hatte, das Experiment beendet.

Da zu diesem Zeitpunkt die drei anderen Raben noch einige Versuche zu absolvieren hatten, wurden mit Hoss zwei Ergänzungsuntersuchungen durchgeführt.

a) Zweifach-Musterwahl mit den Punktmengen 5 und 6

Die Sechsfach-Musterwahl hatte Hoss gemeistert nachdem er bei den vorhergegangenen Zweifach-Musterwahl seitenstetig geworden war. Zwei Fragen waren bei diesem Rückgriff auf die Zweifach-Wahl von Interesse: Würde Hoss das Prinzip der Musterwahl auch weiter befolgen oder würde er wieder seitenstetig werden? Um die Aufgabe vergleichsweise schwierig zu gestalten und damit Hoss zu motivieren, sollte sich die Zweifach-Wahl auf die Punktmengen fünf und sechs beschränken.

Damit jede Variation der "Punktmenge sechs" einmal als Muster vorkommt, müßten mindestens 19 Versuche durchgeführt werden. Wir entschieden uns für zwei Durchgänge, also 38 Versuche insgesamt. Somit waren beide Punktmengen jeweils 19mal positiv, und zwar

Punktmenge fünf-zehnmal links und neunmal rechts, Punktmenge sechs neunmal links und zehnmal rechts.

Bezüglich der Positiv-Folgen trafen wir folgende Vereinbarung:

Positivfolgen			
	<u>links</u>	<u>rechts</u>	<u>Summe</u>
Einerfolge	5	5	10
Zweierfolge	4	4	16
Dreierfolge	2	2	12
			<u>Summe: 38</u>

Ergebnisse:

Für die 38 Versuche brauchte Hoss insgesamt 12 Versuchstage. Die Versuchsfrequenz blieb also annähernd konstant. Das betrifft imgrunde genommen auch sein Verhalten bei der Wahl, wenngleich man hinzufügen muß, daß sich seine Unruhe laufend steigerte. Im Versuchskäfig springt er viel hin und her, läßt zudem den dreisilb-igen Feindruf immer durchdringender " ertönen".

Das Resultat seiner Wahlen mutet geradezu "ideal" zufallsbedingt an:

Hoss wählt zwanzigmal rechts und achtzehnmal links. Rechts erzielt er elf Treffer (davon fünf bei Punktmenge 5, sechs bei Punktmenge 6), links erzielt er zehn Treffer (davon jeweils fünf bei den beiden Punktmengen). Insgesamt sucht er Punktmenge 5 zwanzigmal auf, Punktmenge sechs dagegen achtzehnmal.

Man muß nach diesen Ergebnissen also folgern: Hoss gibt bei der Zweifach-Wahl das ursprünglich gelernte Lösungsprinzip sofort wieder auf.

Die fünfzigprozentige Trefferwahrscheinlichkeit scheint in der Tat zu hoch für eine überdurchschnittliche "Leistungsmotivation" zu sein.

Ferner wurde die Erwartung nicht bestätigt, daß Hoss seitenstetig werden würde.

Die Einzelanalyse seiner Wahlen läßt keine interpretierbaren Bevorzugen bestimmter Zahlgebilde erkennen.

b) Zahlgebilde-Äquivalenz-Programm bei Punktmenge 6

Bei Untersuchungen KOEHLERScher Art, die also das Lern - und Leistungsmaximum eines Tieres zum Thema haben, wären Testphasen im Anschluß an die eigentlichen Trainingsphasen wünschenswert. In diesen Testphasen würden beispielsweise bei der Sechsfach-Musterwahl alle sechs Näpfe beködert werden, so daß ein Versuchstier grundsätzlich für die getroffene Wahl belohnt würde, auch wenn diese falsch wäre.

Speziell bei Untersuchungen mit Rabenvögeln (KOEHLER 1943) hat sich allerdings immer wieder gezeigt, daß die Tiere sich so gut wie gar nicht via Geruchssinn orientieren. In zahllosen "Geruchskontrollen" konnte dies bestätigt werden, auch in der vorliegenden Arbeit. Insofern kommt also der Testphase je nach Versuchstier unterschiedliche Bedeutung zu. Bei Rabenvögeln (RENSCH 1973) kommt hinsichtlich einer Testphase das Problem hinzu, daß diese Tiere sehr schnell die "Immer-Belohnung" herausbekommen und dann stereotyp eine bestimmte Position oder einen Reiz usw.

bevorzugen. Die Testphasen mußten also sehr kurz sein und häufiger wiederholt werden. Das Thema unserer Arbeit, das sich der Analyse des Lernprozesses annimmt unter Berücksichtigung von Phänomenen wie "Hypothesenbildung" und "Strategien", fordert derartige Testphasen nicht unbedingt.

In veränderter Form haben wir sie dennoch angefügt: Wenn man so will, könnte man die Methode als "Einfach-Musterwahl" mit sechs Möglichkeiten bezeichnen, denn einem Muster mit sechs Punkten standen sechs Näpfe mit ebenfalls jeweils sechs Punkten gegenüber. Aus zeitlichen Gründen konnten nur 19 Versuche durchgeführt werden, so daß also jede Variation der "Punktmenge sechs" genau einmal als Muster vorkam.

Jede Wahl war also richtig, jede Wahl wurde mit einem Köder belohnt.

Die Fragestellung war auch hier zweiseitig: Würde Hoss seitenstetig, würde er bestimmte Positionen bevorzugen, überlegten wir als erstes.

Interessanter war jedoch die Frage, ob Hoss auch jetzt noch bestimmte Zahlgebilde bevorzugen würde. Schließlich hofften wir, in einer Einzelanalyse zu der Verarbeitung des Muster-Reizes etwas aussagen zu können.

Ergebnisse:

Die 19 Versuche absolviert Hoss wie folgt:

	1.Tag	2.Tag	3.Tag	4.Tag	5. Tag	6. Tag	7. Tag
Anzahl der Versuche	4	6	0	3	0	4	2

Das Wahlverhalten entspricht dem bei der Sechsfach-Musterwahl.

Hoss wählt folgende Positionen (in chronologischer Reihenfolge):

3-6--3-4-4-2-3-3-5-2-2-3-1-2-2-4-3-3, wählt also die sechs Positionen in der Häufigkeit: 1-6-7-3-1-1-, d.h. jede Position kommt wenigstens einmal vor. Der Beginn einer Rechts-Stetigkeit deutet sich allerdings an.

Obwohl die sechs verschiedenen Zahlgebilde (erstes Unterprogramm) gleich häufig vorkommen, konzentriert sich Hoss auf die ersten beiden Zahlgebilde. Bei der Zweifach-Musterwahl schien sich das übrigens ebenfalls anzudeuten. Auf die sechs Zahlgebilde verteilen sich die Wahlen von Hoss wie folgt: (von 1-6): 7-4-2-3-3-0.

Bei den 19 Versuchen war in 15 Fällen auf mindestens einem der sechs Napfdeckel das gleiche Zahlgebilde wie auf dem dazugehörigen Muster. Aber lediglich zweimal (von 15) wurde das dem Muster entsprechende Zahlgebilde gewählt.

Es könnte sein, und das ist höchst interessant, daß die Zahlgebilde auf Muster und Napfdeckel zwar gleich erfaßt, jedoch unterschiedlich abstrahiert und generalisiert werden. Für die Sechsfach-Musterwahl würde das bedeuten, daß Hoss das Äquivalent zum Muster gesucht hat, gleichzeitig aber das Zueinander der Elemente auf den Napfdeckeln unabhängig vom Muster "analysiert" hat.

Zumindest zu Beginn dieser Versuchsreihe machte sich bei Hoss so etwas wie "Erstaunen" breit:

Die Tatsache, daß er unmittelbar nach der Zweifach-Musterwahl mit diesen Versuchen be-

gann, zeigt, daß er die Versuchsanordnung nicht als ungewohnt erlebt haben dürfte, denn sonst hätte er sicherlich einige Tage "gestreikt". Bei dem ersten Versuch aber ließ er sich 155 Sekunden Zeit, bis er nach intensiver Betrachtung der Anordnung seine Wahl traf.

Beim zweiten Versuch traf Hoss folgende Anordnung an: Muster Nr. 39, Näpfe Nr. 31, 42, 34, 39, 37, 30. (Insgesamt sechsmal stimmte das Muster mit einem der sechs Napfdeckel hinsichtlich der Anordnung der Elemente überein). Bei diesem Versuch stand Hoss vor dem vierten Napf (Nr.39), schien ihn anzutippen, richtete sich aber wieder auf und blickte auf alle Näpfe, um dann Position sechs (Nr.30) zu wählen. Bei den übrigen fünf Versuchen wählte er nur einmal entsprechend dem Muster (Versuch Nr. 10; laufende Nummer der Variation 28). Von daher läßt sich die Vermutung, Hoss würde den dem Muster "ähnlichsten" Deckel wählen, keinesfalls aufrecht erhalten. Bis zum elften Versuch sieht sein Wahlverhalten so aus, als ob er die Lösung nach irgendwelchen Prinzipien sucht. Dann aber scheint sich mehr die "Erkenntnis" durchzusetzen, daß überall ein Köder zu finden ist. Er beginnt über die Näpfe zu springen und von "hinten" zu wählen (fünfmal bei den letzten sechs Versuchen).

Insofern bewahrheiten sich die Befürchtungen hinsichtlich des Verhaltens in Testphasen, denn nach elf Versuchen waren die weiteren Ergebnisse streng genommen nicht mehr zu gebrauchen.

Die Resultate der beiden Ergänzungsversuche sind bemerkenswert:

Quasi spontan gab Hoss beim Übergang von der Sechsfach-Musterwahl zur Zweifach-Musterwahl das Lösungsprinzip auf. Allerdings traten die erwarteten Positions-Präferenzen (noch) nicht auf. Insgesamt mutete sein Verhalten bei dieser Aufgabe recht zufallsbedingt an.

Bei der "Einfach-Wahl" mit sechs Möglichkeiten rückten die bereits früher beobachteten Zahlgebilde-Präferenzen in den Vordergrund. Wenigstens bei den ersten zehn Versuchen benahm er sich so, als ob lediglich ein Napf beködert wäre, denn er orientierte sich recht auffällig.

Anhand der Ergebnisse bei dieser Aufgabe darf man die Herstellung der Äquivalenz zwischen Muster und Merkmalreiz (Napfdeckel) wahrscheinlich nicht ausschließlich in der Form sehen, daß der zum Muster "ähnlichste" Deckel herausgesucht wird. Die Analyse der Punktanordnungen auf den Deckeln, die ja verglichen mit dem Muster einen größeren Realitätsgehalt haben wegen der unmittelbaren Verbindung zum Köder, mag möglicherweise detaillierter, strukturiierter sein als die des Musters.

Zusammenfassende Erörterung

1. Allgemeine Programm-Übersicht:

Die wesentlichen Ergebnisse der einzelnen Programme lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Auch bei der Sechsfach-Musterwahl wird das Wahl-Verhalten aller vier Raben von recht deutlichen Positions-Präferenzen bestimmt. Unter Berücksichtigung der Lernleistungen darf man annehmen, daß sich "Wahl nach Muster" und "Wahl nach Position" einander nicht ausschließen.

Positions-Präferenzen "fallen" sehr unterschiedlich aus: Ben bevorzugt die Positionen 1-3, vor allem aber Position 2, Adam geht häufiger zur mittleren Position 3, Hoss präferiert eindeutig die 5. Position und Little Joe konzentrierte sich auf die beiden linken Positionen (5,6).

Betrachtet man derartige Präferenzen als Folge differentieller Konditionierung, so wird die Interpretation dadurch erschwert, daß alle Tiere nach der gleichen Darbietungsmatrix lernten. Die recht unterschiedlichen Präferenzen lassen sich allerdings dann sinnvoll einordnen, wenn man den Lernprozeß im Sinne von SUTHERLAND & MACKINTOSH versteht. Wir kommen darauf noch zurück.

Außer Positions-Präferenzen berichtet die Literatur ebenso häufig von Reiz-Präferenzen, wie bei der Diskussion der Untersuchungsergebnisse KOEHLERS und seiner Mitarbeiter schon angedeutet wurde. Reiz - oder Punktmen-gen-Präferenzen konnten bei allen Tieren beobachtet werden, allerdings nicht so stark ausgeprägt wie Positions-Bevorzugungen.

Beide Präferenz-Formen können sich im Verlauf des Lernprozesses inhaltlich ändern, d.h. der eindeutigen Bevorzugung von Position 3 kann eine ebenso deutliche der 4. Position folgen.

Somit können sich auch "Wahl nach Muster" und "Wahl nach Punktmenge" miteinander "vertragen".

Bei Punktmenge-Präferenzen liegt das Unterscheidungskriterium in der Anzahl der Elemente, bei Zahlgebilde-Präferenzen spielt dies keine Rolle. Ganz eindeutige Bevorzugungen ergaben sich hier für Adam, der einerseits "gliederartige Figuren", zum anderen "eng zusammenliegende Elemente ohne weitere exzentrische Punkte" häufiger wählte. Die Bedeutung dieses Lösungsweges wird später noch zu diskutieren sein.

Unterschiedlich ist die Reaktion der Raben auf den Köder, auf die "Verstärkung": Ben und Hoss suchen zwar bevorzugt diejenigen Positionen wieder auf, wo sie beim vorangehenden Versuch den Köder vorgefunden hatten, aber dieses Resultat ist ziemlich unbedeutend, denn hierbei handelte es sich um die Positionen, die ohnehin deutlich bevorzugt wurden. Ähnliches gilt für Adam, der Punktmenge 1 überzufällig häufig nach deren Belohnung aufsuchte. Für Little Joe dagegen scheint die belohnte Punktmenge (x) gleichzeitig zu bedeuten, daß beim darauffolgenden Versuch bei dieser Punktmenge eher kein Köder zu finden sein wird.

Insgesamt darf man sagen, daß dieses Prinzip, nämlich Position oder Reiz aufzusuchen, wo beim vorangehenden Versuch der Köder gefunden wurde, nur sehr schwach ausgeprägt ist.

Interindividuelle Unterschiede zwischen den vier Raben zeigen sich auch darin, daß nicht allen Tieren das Überspringen mehrerer Positionen gleich leicht fällt. So macht

Little Joe im Gegensatz zu Adam selten "große Sprünge", wenn aber überhaupt, so eher nach rechts.

Das Handeln nach dem Prinzip der Musterwahl vorausgesetzt, darf man weiterhin annehmen, daß die Aufmerksamkeit der Tiere sowohl für bestimmte Positionen als auch für bestimmte Punktmengen sehr verschieden sein kann. Die sich mit diesem Problem beschäftigenden Programme sind besonders dazu geeignet, festzustellen, inwieweit die Tiere nach Muster gehandelt haben oder nicht.

Präferenzen für bestimmte Punktmengen bei den Primärlösungen konnten bei Ben und Hoss, die beide das Lernkriterium erfüllt hatten (Anzahl richtiger Lösungen im Verhältnis zu allen Versuchen), nicht beobachtet werden. Adam und Little Joe dagegen, die das "offizielle" Lernkriterium nicht erreicht hatten, lassen durch ihre Präferenzen für bestimmte Punktmengen vermuten, daß sie das Prinzip der Musterwahl zumindest selektiv befolgt haben. Somit ist erst die Feinanalyse imstande, eine halbwegs sichere Entscheidung über Erfolg oder Mißerfolg beim Lernen zu erbringen.

Auch die Reaktionszeiten der Tiere, unterteilt in jene bei positiven und negativen Primärwahlen, bestätigen die Vermutung, daß Adam und Little Joe nach Muster gehandelt haben, wenn auch nur in sehr beschränktem Maße. Und diese Vermutung ist längst nicht mehr so spekulativ, wenn man sich die Ergebnisse von Ben ins Gedächtnis ruft. Ben hatte, wenn auch nur "schwach", das Lernkriterium erfüllt, d.h. er wies überzufällig viele positiven Primär-

lösungen auf. Insofern ist seine Leistung eindeutig. Aber: Ben beschränkte sich bei 200 Versuchen ausschließlich auf die ersten drei Positionen. Er wählte also nach Muster, allerdings nur im "rechten" Teil der Anordnung. Kam die gesuchte Punktmenge nicht in seiner "Teilanordnung" vor, so wird er nach irgendwelchen Präferenzen gewählt haben. Kam sie aber vor, handelte er überzufällig häufig nach Muster.

Schließlich zeigt die "Ausbeute" der einzelnen Positionen (Ausbeute = Anzahl der Belohnungen pro Positionswahlen), daß die weniger häufig aufgesuchten Positionen z.T. relativ mehr Belohnungen erbrachten als die deutlich präferierten Positionen. Man könnte also vermuten, daß wenig gewählte Positionen oder aber auch Reize besonders aufmerksam erfaßt werden.

Die Häufigkeiten jedweder Präferenzen lassen erwarten, daß eine bestimmte Wahl durch die Kombination zweier Präferenzen mehr determiniert ist als durch eine Präferenz allein. Die Betrachtung der Wahlen, bei denen gleichzeitig Positions - und Reiz - Präferenzen zum Tragen kommen, bestätigt das recht deutlich, und zwar für alle Raben.

Die Unabhängigkeit der Punktmengen-Präferenz vom Handeln nach Muster konnte ebenfalls für alle vier Tiere nachgewiesen werden. Dadurch wurde gleichzeitig eine Feinanalyse wahrnehmungpsychologischer Gesetzmäßigkeiten fast unmöglich gemacht, weil nach den Resultaten jenes Programms die "Fehlversuche" nun eher unter dem Gesichtspunkt der verschiedenen Präferenzen analysiert werden müssen.

Zusammenfassung:

Wir nehmen als erwiesen an, daß alle vier Raben das Prinzip der Musterwahl erkannt, also gelernt haben. Nicht zu entscheiden ist, ob das Prinzip zwar generell erkannt, jedoch nicht allgemein befolgt worden ist, oder ob das Prinzip nur in einem Teilaspekt erfaßt worden ist (z.B.: Handeln nach Muster), wenn der Lösung eine bestimmte Punktmenge oder eine Position oder beides zugrundeliegt. Es spricht aber mehr dafür, daß das Prinzip allgemein erkannt und selektiv angewendet wird, denn diese Erklärung ist wahrscheinlicher, wie noch später auszuführen sein wird.

Auf dieser Basis ergibt sich weiter:

Alle Raben handeln nach mehreren, z.T. recht verschiedenen Gesichtspunkten, wobei das Handeln nach Muster eine Möglichkeit von vielen ist. Präferenzen der Lage und des Reizes scheinen mit recht großer Wahrscheinlichkeit zu entstehen, da sie bei allen vier Raben beobachtet werden konnten.

2. Präferenzen, Auffälligkeiten - kasuistisch dargestellt

- a) Hoss: - Präferenz für Position fünf;
- Vorübergehende Präferenz für Punktmenge 6
- Bevorzugung (Tendenz) für Zahlgebilde 1 und 2;
- Bevorzugte Wahl von Position 5 nach Belohnung
- Wechselnde, insgesamt lange Reaktionszeiten
- Präferenz-Kombination für Punktmenge 6 bei Position 5
- Handeln nach Muster weitgehend unabhängig, außer bei Punktmenge 5

- b) Ben: - Präferenz für Position 1-3, vor allem 2
- Tendenz zu größeren Punktmengen (4-6)
 - Signifikant längere Reaktionszeiten bei positiven Lösungen
 - VTE-Lernen beim Übergang zum "unsystematischen" Lernen
 - Präferenz-Kombination für Punktmenge 5-6 bei den Positionen 1 und 2
 - Handeln nach Muster weitgehend unabhängig

- c) Adam: - Präferenz für Position 3
- Präferenz für Zahlgebilde 1
 - Präferenz für Zahlgebilde "eng"
 - Tendenz zur Meidung von Punktmenge 4
 - Bevorzugt bei positiven Primärlösungen die ersten drei Punktmengen
 - Bevorzugte Wahl von Punktmenge 1 nach Belohnung
 - VTE-Lernen tritt "schubweise" auf, danach vermehrt positive Lösungen
 - Sehr signifikant kürzere Reaktionszeiten bei positiven Primärlösungen
 - Handeln nach Muster weitgehend unabhängig
 - Präferenz-Kombination für Punktmengen 1-3 bei Position 3

- d) Little Joe: - Präferenz für Position 5 und 6
- Meidet vorher belohnte Punktmengen
 - VTE-Lernen häufig vor allem beim Übergang zum "unsystematischen" Lernen
 - Bevorzugt bei positiven Primärlösungen die Punktmengen 5 und 6

- Präferenz für Punktmengen 5 und 6
beim "unsystematischen" Lernen
- Zumindest zeitweilig signifikant
längere Reaktionszeiten bei positiven
Primärlösungen
- Weitgehende Unabhängigkeit bei Muster-
wahl
- Präferenz-Kombination für Punktmenge
5 und 6 bei Position 5 und 6

Die Auflistung macht deutlich, worin der
"Leistungsunterschied" zwischen den einzelnen
Tieren besteht:

Hoss handelt zwar nach mehreren Prinzipien,
nimmt jedoch bei der Musterwahl selbst keine
bedeutsamen Einschränkungen vor. Weder Positionen
noch Punktmengen sind beim Handeln nach Muster
ausgeklammert. Andererseits erklären die ver-
schiedensten Präferenzen auch die absolut nie-
drige Trefferquote. Bei 100 Versuchen zur
Sechsfach-Musterwahl sollte sich nämlich die
Erörterung nicht nur an dem "freudigen" Er-
gebnis " 35 Primärlösungen bei 100 Versuchen
= statistisch signifikant = Aufgabe gelernt "
genügen, sondern auch fragen, warum eigentlich
nicht 60 oder gar 80 von 100 Versuchen richtig
gelöst wurden. Die relative Unabhängigkeit des
Handelns nach Muster von anderen Präferenzen
liefert eine plausible Erklärung, die später
noch differenziert wird.

Ben beschränkt sich schon sehr bald auf die
ersten drei Positionen, so daß seine Treffer-
Chancen natürlich am die Hälfte sinken.
Dennoch "trifft" er überzufällig häufig. Aller-
dings verdankt er das Prädikat "signifikant"

der Anfangs - und Endleistung. Zu Beginn der Versuchsreihe wählte Ben nämlich noch 5 Positionen bei den Primärwahlen und erreichte dadurch 13 Treffer bei den ersten 50 Versuchen. Anschließend schien die Motivation nachzulassen, er beschränkte sich auf die ersten drei Positionen. Das blieb zwar so bis zum Ende der Untersuchung, doch bei der Umstellung auf "unsystematisches" Lernen zeigten die zahlreichen VTE-Phasen die erhöhte Aufmerksamkeit an, die ihm 14 Treffer bei den letzten 50 Versuchen brachte. Insgesamt zeigt sich, daß Ben höhere Trefferquoten erzielte, wenn er langsamer wählte.

Adam zeigte mehrere VTE-Phasen, denen gewöhnlich vermehrt positive Primärlösungen folgten. Nach der zweimonatigen Sommerpause beschränkte er sich allerdings bei seinen Lösungen nur noch auf die ersten drei Punktmengen, wählte also nur dann nach Muster, wenn die Äquivalenz vergleichsweise weniger Elemente herzustellen war. Die Verhaltensanalyse bei den positiven Lösungen vor der Sommerpause läßt nicht vermuten, daß Adam unfähig war, die Äquivalenz von Punktmengen herzustellen, die mehr als drei Elemente aufwiesen. Vielmehr scheint er sich ähnlich Ben auf Teilaspekte konzentriert zu haben, indem er nur selektiv nach Muster handelte. Sowohl die VTE-Phasen als auch das quasi schubweise Auftreten korrekter Lösungen sprechen ferner für wechselnde Motivation und Aufmerksamkeit beim Vorgehen. Adam ist allerdings der einzige, der offensichtlich nach verschiedenen Gesichtspunkten die Punktmengen analysierte und somit zu deutlichen Zahlgebilde-Präferenzen kam.

Bezüglich des Untersuchungszieles, nämlich Handeln nach Muster, sind diese Zahlgebilde-Präferenzen zweifellos nicht dienlich, wobei allerdings unklar ist, inwieweit das Muster beachtet wird, wenn nach Zahlgebilde-Präferenzen gehandelt wird. Andererseits zeigen Zahlgebilde-Präferenzen sehr deutlich, in welchem Maße Kolkraben fähig sind, zu abstrahieren und generalisieren.

Unterstrichen wird das, wenn auch selektive Handeln nach Muster, durch die sehr viel kürzeren Reaktionszeiten bei positiven Primärwahlen. Adam wählte bevorzugt Punktmengen mit ein bis drei Elementen in den mittleren Positionen. Das ist zweifellos eine Einschränkung seiner Wahl-Möglichkeiten, aber sein Versuchsverhalten hatte deutlich gemacht, daß er zumindest bei den Primärwahlen eine gewisse Aufmerksamkeit erkennen ließ. Wenn nun die Lösung in diesen eingeschränkten Handlungsbereich fiel, so wurde die Entscheidung quasi leicht gemacht, er konnte also wählen. Sehr plausibel ist diese Erklärung nicht, denn sie trifft auf die anderen Raben nicht zu, deren Reaktionszeiten bei positiven Primärwahlen eher langsame sind. Hier beginnt also die Spekulation:

Little Joe weist überzufällig viele Primärlösungen bei den Punktmengen 5 und 6 auf, obwohl er diese grundsätzlich nicht besonders häufig wählte. Ferner kommt bei ihm hinzu, daß er jene Punktmengen in bestimmten Positionen (5 und 6) bevorzugt. Er begrenzt also seinen Handlungsbereich im wesentlichen auf 2 Positionen. Das Lösungsverhalten Adams ließ immerhin noch die Vermutung aufkommen, daß er

Punktmengen mit weniger Elementen (1-3) besser differenzieren und vergleichen konnte. Daß dagegen umgekehrt Punktmengen mit möglichst vielen Elementen besser erfaßt und verglichen werden können, klingt nicht gerade plausibel. Man darf also wohl annehmen, daß die bei Adam und Little Joe aufgetretenen "Beschränkungen" des Handelns nach Muster unabhängig von der Wahrnehmungsleistung zu sehen sind. Die Analyse der Negativwahlen ist ein sehr deutlicher Beweis für diese Behauptung, denn dort hatte sich ja gezeigt, daß beispielsweise bei vorgegebener Punktmenge 5 gleich häufig die Punktmengen 1,2,3,4 und 6 gewählt wurden. Die Hauptfrage wird also lauten: Wie ist diese Beschränkung des Lösungsbereiches zu erklären.

3. Analyse der Ergebnisse nach der Theorie von SUTHERLAND & MACKINTOSH (1971)

a) Einführung:

Wie schon an anderer Stelle angeführt, gehen SUTHERLAND & MACKINTOSH von dem Begriff des "Analysators" aus. Ganz allgemein kann man darunter verstehen, daß ein Problem, eine Aufgabe, unter einem ganz bestimmten Aspekt betrachtet, untersucht, analysiert wird.

So sind z.B. die meisten Vögel und Säuger ortstreu, d.h. an ein Revier gebunden, in dem sie sich Zeit ihres Lebens aufhalten. Folglich ist die Analyse eines solchen Lebensraumes hinsichtlich des notwendigen Nahrungsangebots *

* wahrscheinlich

in erster Linie räumlich orientiert. Diese räumliche Orientierung kann erleichtert werden durch bestimmte Reize, Signalreize oder auch Diskriminierungsreize. Imgrunde genommen gelten diese Bemerkungen natürlich nicht nur für das futtersuchende Tier, sie sind vielmehr von allgemeiner Bedeutung, denn zum Überleben gehört neben der Nahrungsversorgung auch die Fähigkeit, etwaigen Feinden zu entgehen. Auch deshalb ist eine recht genaue Kenntnis des Lebensraumes notwendig, der unter mehreren Aspekten vom Tier betrachtet werden kann: So mag für einen Vogel eine bestimmte Baumgruppe attraktiv wegen des dortigen Futterangebots und gleichzeitig aversiv sein wegen eines Greifvogel-Horsts.

Diese Einführung mag genügen, um zu demonstrieren, daß jedes Lebewesen seinen Lebensraum auf der Basis sowohl angeborener als auch erworbener Analysatoren zu erfassen, zu strukturieren sucht. Nicht unbedingt maximale Sicherheit vor Feinden oder Nahrungsverlust ist hierbei vorrangig, sondern optimale Vorhersagemöglichkeiten bezüglich aller Wirkungen innerhalb des Lebensraumes auf das Individuum oder auch die Gruppe. Der Feind an sich ist nicht gefährlich. Das wird er erst, wenn er für das "Opfer" unbekannt, unvorhersagbar, unberechenbar ist.

Zwar wird der Student bei einer Problemlösungsaufgabe andere Analysatoren einsetzen als der Kolkrabe bei der Futtersuche im Winter, das Grundproblem ist aber, wie noch zu zeigen sein wird, dasselbe. Dieser Vergleich macht aber deutlich, daß je nach Situation

verschiedene Analysatoren eingesetzt werden. Man kann also sagen, daß die "Einsatz" - Wahrscheinlichkeit eines Analysators je nach Situation verschieden groß ist. Ferner kann man hinzufügen, daß sich die für die Lösung eines bestimmten Problems eingesetzten - sie können mit den "notwendigen" identisch sein, müssen es aber nicht - Analysatoren hierarchisch gliedern lassen.

Je komplexer ein Problem ist, desto größer ist die Anzahl möglicher Analysatoren. Normalerweise dürfte aber gelten, daß die Anzahl subjektiv verfügbarer Analysatoren immer kleiner ist als die objektiv möglicher. Nimmt man die "Einsatz" - Wahrscheinlichkeit aller möglichen Analysatoren mit $P = 1$ an, so folgt daraus, daß der Einsatz-Erhöhung von Analysator A eine Verringerung von B entspricht, wenn wir nur zwei Analysatoren hätten.

Nach dem Modell von SUTHERLAND & MACKINTOSH ist es möglich, daß die Einsatz-Wahrscheinlichkeit eines bestimmten Analysators größer wird, obwohl keine Verstärkung (=Futter-Belohnung) erfolgte. Umgekehrt kann die Wahrscheinlichkeit verringert werden, wenn auch der Köder gefunden wurde.

ZEMAN & HOUSE (1963) machten die treffende Unterscheidung zwischen "instrumental response" und "observal response".

Beim Hebeldrücken in der SKINNER-Box ist die "instrumental response" von vorrangiger Bedeutung; nicht so bei Problemlösungsaufgaben wie der Sechsfach-Musterwahl, wo die "instrumental response" hinter der "observal response"

zurücksteht, denn nicht das Deckelabheben ist Ziel der Dressur, sondern vielmehr das Abheben eines ganz bestimmten Deckels, wobei das Gesetz erst in vielen Versuchen "erarbeitet" werden muß. Zweifellos könnte man unsere Versuchsanordnung von der Methodik her als instrumentelle Konditionierung mit variabler Verhältnis-Verstärkung bezeichnen, aber das Verhalten der Raben paßt so schlecht in dieses "System".

Betrachten wir nun die vorliegenden Ergebnisse, so zeigt sich zunächst in völliger Übereinstimmung mit der Literatur, daß Positions- und Reiz - Analysatoren bevorzugt eingesetzt werden. Positions- und Punktmengen - bzw. Zahlgebilde-Präferenzen sind dafür kennzeichnend.* Erinnern wir uns an dieser Stelle der Unterscheid zwischen "Lernen" und "Leistung": Nicht alles, was gelernt worden ist, muß sich unbedingt in "offenem Verhalten" niederschlagen. Ferner schließt Handeln nach Reiz A nicht aus, daß gleichzeitig etwas über Reiz B gelernt wird. Dadurch können Sprünge im Lernverlauf entstehen, die nur sehr oberflächlich mit dem Terminus "Einsicht" zu bezeichnen wären.

b) Struktur des Lernprozesses bei der Sechsfach-Musterwahl

Jeder Analysator besitzt eine gewisse Wahrscheinlichkeit, eingesetzt zu werden. Unsere Ergebnisse lassen - wie schon gesagt - vermuten, daß Positions- und Punktmengen - Ana-

* Derartige Präferenzen sind Ausdruck für die Einsatz-Wahrscheinlichkeiten entsprechender Analysatoren.

lysatoren vor allem zu Beginn des Lernprozesses von großer Bedeutung sind. Nimmt man einmal an, daß die ersten Versuche von angeborenen oder erworbenen Primärpräferenzen bestimmt sind, so setzt aber doch sehr bald ein Prozeß ein, den LEVIN (1936) als "kognitive Strukturierung" bezeichnen würde. Eine dem Tier zunächst wahrscheinlich "sinnlos" anmutende Versuchsanordnung zeichnet sich lediglich dadurch aus, daß der Rabe erfährt, ausschließlich innerhalb dieses Versuchssystems Fleisch zu bekommen. Somit wird die erste Folgerung sein: "Nur im Versuch bekomme ich Fleisch"; nach weiteren Versuchen würde sich die Folgerung dahingehend eingrenzen, daß "nur in einem Napf das Fleisch zu finden ist". Die Ratte in der SKINNER-Box lernt, den Hebel zu bedienen. Fällt es dem Experimentator ein, die Andressur nach der Methode des "variablen Verhältnisses" durchzuführen, so verändert sich für die Ratte wenig, denn sie muß den Hebel drücken, um ans Futter zu gelangen. Einen anderen Weg gibt es nicht. Sie kann auch nicht durch irgendeine "geistige Leistung" mehr Futter bekommen, als der Versuchsleiter in seiner "sche-dule" festgelegt hat.

Die Sechsfach-Musterwahl dagegen erlaubt es dem Raben grundsätzlich, mehr oder weniger schnell an den Köder heranzukommen. Es ist jedoch nicht nur ein Problem der Motivation, wie auch schon angedeutet wurde. Das System der SKINNER-Box ist ziemlich eindeutig und überschaubar für die Ratte, die Ausgänge sind sozusagen vorhersagbar, wenngleich durch

Diskriminierungsreize die Aufgabe sehr erschwert werden kann. Zu recht wurde immer wieder betont, daß ein Tier nicht nur "aus Hunger" lernt. Daß es aber depriviert häufig besser bzw. schneller lernt, ist m.E. in keiner Weise "abwertend" zu sehen, für eine wie üblich bis zu 80% Körpergewicht ausgehungerte Ratte ist die Futterpille schon recht attraktiv. Für den Menschen wäre es wohl kaum anders.

Weitgehend unabhängig von dem Tatbestand, daß der Rabe den Köder bekommen will, darf man sagen, daß er ihm adäquate verschiedene Lösungsmöglichkeiten einsetzt, um einer Unsicherheit im Handeln entgegenzuwirken. Ferner ist eine gewisse Vorhersagbarkeit notwendig, wenn das Handeln nicht unökonomisch werden soll. Der Rabe sieht sich also in irgendeiner Weise "genötigt", nach einem Lösungssystem zu suchen, das den Ausgang seines Handelns wenigstens teilweise vorhersagen läßt. Bestätigt wird dies durch Verhaltensweisen, denen "enttäuschte" Erwartungen zugrundeliegen.

Es gilt also, das Problem zu strukturieren. Dies Vorgehen ist umso bemerkenswerter, als von der Versuchsanordnung sowie - durchführung keinerlei Druck auf die Tiere ausgeübt wurde, d.h. es wurde nicht wie üblich gezielt die Beherrschung der Sechsfach-Musterwahl angestrebt.

Wenn der Rabe nach Analysator X wählt und mit dem Köder belohnt wird, so ist die Wahrscheinlichkeit erhöht, daß er beim folgenden Versuch die "Lösung" ebenfalls mittels dieses Analysators sucht. Die Einsatz-Wahrscheinlichkeiten anderer Analysatoren werden gleichzeitig geringer.

Solange der Rabe nicht nach Muster handelt, beträgt die Belohnungs-Wahrscheinlichkeit für jeden Analysator auf die Dauer $1/6$. Zumindest gilt das für Positions- und Punktmengen-Analysatoren und deren Kombinationen.

Folgende Analysatoren wurden festgestellt:

1. Positions- Analysator (PA),
2. Punktmengen-Analysator (PM),
3. Zahlgebilde-Analysator (Z),
4. Belohnungs-Analysatoren: bezogen auf Punktmenge (PM-B) und Position (PO-B),
5. Musterwahl-Analysator (MW),
eingeschränkt auf Punktmengen (MW-PM),
eingeschränkt auf Positionen (MW-PO).

Eine exakte Gewichtung dieser Analysatoren ist nicht möglich. Betrachtet man jedoch unsere vier Raben als eine Stichprobe und ermittelt dann sowohl Häufigkeit des Auftretens als auch Ausprägungsgrad einzelner Präferenzen, so ergibt sich für die Einsatz-Wahrscheinlichkeiten der genannten Analysatoren etwa folgende hierarchische Ordnung (angefangen mit den Analysator, der zu Beginn des Lernprozesses die größte Wahrscheinlichkeit besitzt):

1. Positions-Analysator,
2. Punktmengen-Analysator,
3. Belohnungsanalysatoren,
4. Zahlgebilde Analysator,
5. Eingeschränkte Musterwahl-Analysatoren
(MW-PM/PO)
6. Allgemeiner Musterwahl-Analysator.

Das Ziel der KOEHLERSchen Dressur bestand darin, nach Muster zu handeln. Voraussetzung dafür war der Einsatz des 6. Analysators. Zumindest bei den ersten Versuchen dürfte aber die Wahrscheinlichkeit des Einsatzes des allgemeinen Musterwahl-Analysators gleich Null sein. KOEHLER sah sich also vor die Aufgabe gestellt, den Raben möglichst schnell zu diesem Analysator zu führen. Auf dieser Folie ist nun auch die Bemerkung KOEHLERS zu verstehen, daß man alle für das Endziel der Dressur unwichtigen oder gar irreführenden Merkmale permanent variieren muß, um das Tier nicht auf einen falschen Lösungsweg zu führen. Der Versuchsablauf wäre also derart zu gestalten, daß möglichst bald sämtliche dem angestrebten Dressurziel nicht adäquaten Analysatoren quasi gelöscht werden, d.h. ihre Einsatz-Wahrscheinlichkeit sollte unendlich klein werden.

Da die Sechsfach-Musterwahl komplizierter ist als die Zweifachwahl, können bei ersterer auch mehr Analysatoren ins Spiel kommen. Dabei ist die Gesamtmenge der nicht-Ziel-adäquaten Analysatoren so groß, daß auch deren gesamte Einsatz-Wahrscheinlichkeit beträchtlich hoch bleibt. Auch wenn also die Sechsfach-Musterwahl beherrscht und angewendet wird, so werden 50 % richtige Primärwahlen bei dreistelligen Versuchsreihen nicht erreicht. So lassen sich z.B. Positions- oder Punktmengen-Analysatoren bei der Sechsfach-Musterwahl im Bereich des "unbenannten Zählens" kaum löschen.

Zumindest die Ergebnisse von Hoss und Ben bestätigten die Vermutung, daß diese beiden Raben das Prinzip der Musterwahl schon bei der Zweifach-Musterwahl erkannt hatten, ohne allerdings danach langfristig gehandelt zu haben: Beide Raben erzielten in den ersten 50 Versuchen jeweils 13 Treffer (Signifikant ab 14 Treffern). Insofern mag auch zu Beginn des Lernprozesses bei der Sechsfach-Musterwahl der allgemeine Musterwahl-Analysator mit einer wenn auch geringen Wahrscheinlichkeit existiert haben. Allgemein dürfte aber gelten, daß dieser Analysator, also das Lösungsprinzip der Aufgabe, nicht vorhanden ist.

Nehmen wir einmal an, die Versuchsreihe würde sofort mit der Sechsfach-Musterwahl beginnen. Dann ließe sich der Verlauf des Lernprozesses folgendermaßen darstellen:

Auf der Basis erworbener oder angeborener Orts - bzw. Reiz-Präferenzen trifft der Rabe die erste Wahl. Zumindest Lage - und Reiz - Analysatoren waren also bei der ersten Wahl beteiligt, vorrangig jedoch der Lage-Analysator. Ist die Wahl positiv, so wird mit noch größerer Wahrscheinlichkeit der Positions-Analysator auch die zweite Wahl bestimmen. Ist sie dagegen negativ, so hängt das weitere Vorgehen zunächst einmal davon ab, ob bei demselben Versuch auch noch eine zweite Wahl durchgeführt wird. Nehmen wir an, die erste Wahl war negativ, die zweite nach dem Punktmengen-Analysator positiv. Fortan wird letzterer in seiner Einsatz-Wahrscheinlichkeit erhöht werden.

An dieser Stelle könnte man einwenden, daß auf diese Art und Weise die ursprünglichen Analysatoren in ihrer Auftretens-Wahrscheinlichkeit im großen und ganzen erhalten bleiben müssen, weil sie in jedem Falle nur bei durchschnittlich 6 Versuchen zum Erfolg führen würden. Das ist zweifellos richtig, aber da die Vorhersagewahrscheinlichkeit eben beim Gebrauch dieser Analysatoren mit $p = 1/6$ für den Raben offensichtlich zu gering ist, bilden sich neue Analysatoren.

Bei der Zweifach-Musterwahl hatte Hoss nicht nach Muster gehandelt, wohl aber bei der Sechsfach-Wahl. Bei letzterer ist einmal die Vorhersagewahrscheinlichkeit geringer, zum anderen ist die Köder-"Ausbeute" kleiner, wenn man das Verhältnis "Wahlen: Köder" heranzieht.

Beim Positions-Analysator ist die Verstärkungshäufigkeit $p = 1/6$, d.h. der Einsatz dieses betreffenden Analysators wird intermittierend verstärkt. Betrachtet man dieses Verhältnis auf der Folie der täglichen Versuchs-"Serien" (durchschnittlich 5 Versuche täglich), so wird wohl deutlich, daß diese Relation viel zu gering ist, als daß der Einsatz eines derartigen Analysators dauerhaft gefestigt werden könnte.

Man darf aber wohl im Gegensatz zu den Modellen von SUTHERLAND (1971) und ZEMANN (1963) annehmen, daß bestimmte Primär-Analysatoren (Position, Reiz) praktisch nie völlig gelöscht werden können, d.h. ihre Einsatz-Wahrscheinlichkeit wird nie gleich Null sein. Ebenso, wie Seitenstetigkeit nicht unendlich lang konstant bleibt (Fälle schwerer experi-

menteller Neurose einmal beiseite gelassen), also irgendwann auch wieder gehemmt wird, so werden sich auch umgekehrt vor allem biologisch sinnvolle Analysatoren nicht ganz verdrängen lassen.

Man wird also bei komplizierten Diskrimination saufgaben bezüglich der Treffer-Prozente bescheidener bleiben müssen.

Setzen wir nun die Betrachtung des Lernprozesses auf der Basis der letzten Bemerkungen fort:

Die begrenzte Vorhersagewahrscheinlichkeit beim Handeln nach Positions - und Punktmengen - Analysatoren bedingt die Analyse oder auch Strukturierung der Aufgabe nach weiteren, neuen Gesichtspunkten. Endpunkt dieser "Vorgehensweise" kann das Handeln nach Muster sein, muß es jedoch nicht. Wenn das Tier aber nach dem Musterwahl-Prinzip vorgeht, so steht noch die Frage aus, inwieweit gleichzeitig nach den bereits vorhandenen Analysatoren gewählt wird. Da ja unabhängig von der Wahl eines Analysators durchschnittlich bei sechs Versuchen einmal auf Anbief richtig gewählt wird, behalten alle Analysatoren eine gewisse Einsatz-Wahrscheinlichkeit.

Man kann sich vorstellen, daß auf der Basis bisheriger Erfahrungen mit der Vorhersagewahrscheinlichkeit eines bestimmten Analysators bestimmte Erwartungen herausgebildet worden sind. Das Tier mag also z.B. eine bestimmte Wahl treffen mit der "festen" Erwartung, dort den Köder vorzufinden. Die Erwartung wird enttäuscht. Der Rabe inspiziert

die Versuchsanordnung auf der Folie anderer, unwahrscheinlicher Analysatoren. Der darauffolgende Versuch zeigt ein auffälliges Wahlverhalten: Der Rabe orientiert sich sehr ausführlich, betrachtet alle Deckel, wählt "fast" an einer Stelle, zieht sich aber wieder etwas zurück und beobachtet erneut die Anordnung, dann wählt er schließlich. Derartiges Wahlverhalten wurde schon an anderer Stelle beschrieben und als VTW-Lernen (vicarious-trial-and-error-Learning) bezeichnet: Das Tier stellt "plötzlich" fest, daß sein bisheriges Lösungsverhalten nicht optimal war, ist an einer Unstetigkeitsstelle angelangt, die neues Orientierungsverhalten produziert. In solchen Phasen ist das Tier besonders aufmerksam und konzentriert, es versucht Informationen zu sammeln. Häufig folgt einer derartigen Periode ein deutlicher Anstieg der Lernleistung.

Im vorliegenden Fall mag auf diese Art und Weise das Prinzip der Musterwahl ins Bewußtsein gerückt sein. Der Musterwahl-Analysator bekommt eine, wenn auch sehr geringe, Einsatz-Wahrscheinlichkeit. Da jedoch dieses Gesetz ursprünglich in einem sehr beschränkten Bereich gewissermaßen "entdeckt" wird, besteht die "Gefahr", daß es nicht zum Allgemein-Prinzip erhoben wird. Hoss war der einzige, der letzten Endes unabhängig von Position und Punktmenge nach Muster handelte, wenngleich er wie alle bevorzugte Kombinationen von Präferenzen besaß. Die übrigen drei Raben aber wählten nur selektiv nach Muster. Ben beschränkte sich auf die ersten drei Positionen, Adam und Little Joe dagegen auf bestimmte Punktmengen.

Wird die Dressur (Ziel: Handeln nach Muster bei Sechsfach-Musterwahl), gelenkt, so hat der Versuchsleiter natürlich die Möglichkeit, sinnlose Fehler (Handeln nach nicht-Ziel-adäquaten Analysatoren) frühzeitig zu erkennen und zu "bekämpfen". Unsere Versuchsdurchführung sah dies nicht vor. Umso erstaunlicher, daß alle Raben - wenn auch nur teilweise - das optimale Organisationsprinzip entdeckten und befolgten. Aber die Zahlgebilde -Präferenzen bei Adam machen deutlich, daß "Irrwege" nicht auszuschließen sind. Vor allem in der Zeit vor der Sommerpause konzentrierte sich Adam auf bestimmte Zahlgebilde. Möglicherweise sah er die Lösung in einer bestimmt gearteten Differenzierung der Darstellung aller Elemente.

Bis eine derartige "Hypothese" falsifiziert werden kann, müssen einige Versuche absolviert werden. Bei der insgesamt äußerst geringen Anzahl von Versuchen ist deshalb nicht zu erwarten, daß Handeln nach Muster grundsätzlich schon nach 200 Versuchen gelernt sein muß.

Diese Interpretation des Lernprozesses auf der Basis des "Analysatoren-Modells" von SUTHERLAND & MACKINTOSH wird durch zwei Beobachtungen ganz wesentlich erhärtet:

Das "Präferenzen-Kombinations-Programm" machte für alle vier Raben deutlich, daß die korrekte Lösung dann weit überzufällig häufig gefunden wird, wenn diese Lösung quasi "in sich" die Ergebnisse zweier Analysatoren beinhaltet. Die Einsatz-Wahrscheinlichkeiten einzelner Analysatoren können also kombiniert

werden, wobei ihre Werte addiert werden.
Dieses Programm bestätigte auch das selektive Handeln nach Muster bei Adam und Little Joe.

Das "Fehler-Analyse-Programm" bestätigte die Auffassung von SUTHERLAND & MACHINTOSH, daß die Wahl vorwiegend dem Resultat eines Analysators folgt. Die vorliegenden Ergebnisse zeigten recht deutlich, daß ziemlich unabhängig vom Musterwahl-Prinzip gehandelt wurde. Mit einer gewissen Vorsicht könnte man sogar folgern, daß die Raben meistens dann, wenn sie nach Muster handeln, auch richtig handeln. Diese Aussage würde die geradezu phantastische Fähigkeit zur Abstraktion und Generalisation bei Raben bestätigen.

c) Analyse des Versuchs "Entdecken eines gesetzmäßigen Zusammenhangs" nach dem "Analysator-Modell"

Wie schon in der Einleitung gesagt, strebt die vergleichende Psychologie nicht danach, den "Menschen in das Tier zu zwingen". Vielmehr geht es beim menschlichen Handeln, Denken, Lernen, Fühlen etc. um den Nachweis stammesgeschichtlich früher Anpassungen.

Das Lösungsverhalten des Studenten bei der o.a. Aufgabe zeigt eine Reihe von Phänomenen, die mit denen bei unseren Raben beobachteten direkt vergleichbar sind.

1. Den "Primär-Analysatoren" der Position und des Reizes bei den Raben entsprechen hier die vier Grundrechenarten, mit denen der Pb.

den Lösungsweg beginnt. Es handelt sich zwar um gelernte Analysatoren, aber jede Aufgabe wird damit begonnen. Für Tier und Mensch gilt, daß die Anzahl möglicher Analysatoren nicht bekannt, die individuell möglichen Analysatoren nicht alle verfügbar sind.

Diesen Nachteil müssen wir also grundsätzlich in Kauf nehmen.

2. Innerhalb der verfügbaren Analysatoren läßt sich hinsichtlich der Einsetzbarkeit eine hierarchische Ordnung nachweisen. So ist die Addition bevorzugt gegenüber der Substraktion.
3. Bei der dritten Aufgabe, die ja nicht gelöst wurde, zeigt sich ferner, daß auch falsifizierte Analysatoren immer wieder eingesetzt werden. Ihre Einsatz-Wahrscheinlichkeit erreicht nie Null !
4. Von häufig "belohnten" Analysatoren kann man sich sehr schwer trennen. Dies kam im Lösungsverhalten bei der zweiten Aufgabe zum Ausdruck, wo ein falsches Prinzip immer wieder aufgenommen und angewendet wurde.
5. Trugschlüsse können für lange Zeit die "Verbesserung" des Lösungsverhaltens verhindern. Adam konzentrierte sich auf die Analyse der Punktmengen nach diversen figuralen Prinzipien, der Student "verbiß" sich in die Kombination von Grundrechenarten.

6. In beiden Fällen zeigt schließlich das Versuchsverhalten, daß starke emotionelle Belastung bei der Aufgabe eine systematische und kontinuierliche Problem-Analyse verhindert.

Diese wenigen Anmerkungen mögen deutlich gemacht haben, daß bei vergleichenden Problemen von Menschen und Tieren ähnliche Lösungsphänomene auftauchen können. Vor allem bei schwer lösbaren Problemen, die also nicht zum Lösungs-Repertoire des Menschen gehören, zeigten sich Verhaltensweisen, die sich im Prinzip nicht von denen unterscheiden, die man bei hoch entwickelten Vögeln und vor allem Säugern beobachten kann.

4. "Hypothesenbildungen" bei Tieren

In Anlehnung an KRECHEVSKY (1932) spricht LEVINE (1965) bei einem bestimmten Problemlösungsverhalten von "Hypothesenbildung". Die inhaltliche Ableitung des Begriffes erfolgt über das Phänomen der "Erwartung", deren Vorhandensein zumindest bei höheren Tieren kein ernsthafter Forscher bestreitet. In einem ähnlichen Problem-Bereich gebraucht RESTLE (1962) den Begriff der "Strategie".

Reflektiert man auf der Basis wissenschaftlicher Methodologie den Begriff "Hypothesenbildung", so wird man tierisches Verhalten nur mit einem gewissen Unbehagen mit dieser Bezeichnung versehen. Man denkt vielleicht an "O-Hypothese", "Alternativ-Hypothese" etc. und meint, das Tier müsse nun logisch exakt

und systematisch dem Problem zuleiberücken, wie das idealerweise der erfahrene Wissenschaftler bei der Versuchsplanung zur Analyse von "Hypothesenbildungen bei Tieren" gemacht haben könnte. Andererseits ist menschliches Lösungsverhalten auch nicht immer so logisch und systematisch. Die Ergebnisse des Praktikums-Versuchs ("Entdecken eines gesetzmäßigen Zusammenhangs") haben recht deutlich gezeigt, daß bei bestimmten Aufgaben das Lösungsverhalten des Menschen eine ganze Reihe von Ähnlichkeiten mit dem höheren Tiere aufweisen kann. Bei jenem Versuch mit dem Studenten wurde völlig selbstverständlich von "Hypothesenbildungen" gesprochen. Unter diesem Aspekt ist man also wieder geneigt, auch für tierisches Lösungsverhalten den Begriff "Hypothesenbildung" zu gebrauchen. Notwendig scheint mir aber der Zusatz "averbal" zu sein, um die Einschränkung, die realiter gemacht werden muß, auch deutlich zu machen. Man könnte also durchaus von a v e r b a l e r H y p o t h e s e n b i l d u n g sprechen.

Der Begriff "averbale Hypothesenbildung" läßt sich wie folgt operationalisieren:

Wenn das Verhalten eines Tieres bei einem unbekannten Problem einen bestimmten Lösungsweg in Form von überzufällig häufigen Reaktionen erkennen läßt, die zudem im Verlaufe des Lösungsprozesses zugunsten einer oder mehrerer ziel-adäquaterer Reaktionen (die wiederum als solche identifizierbar sind) aufgegeben werden, so leite ich aus diesem Vorgehen die Fähigkeiten des Tieres zu "averalen Hypothesenbildungen" ab.

Bei Kolkraben würde die vorliegende Untersuchung für eine solche Fähigkeit sprechen. Rhythmische Abfolgen beim Wahlverhalten der Ratte im Labyrinth, wie sie von KRECHEVSKY (1932) unter dem Begriff "Hypothesen" interpretiert wurden, brauchten nach der vorliegenden Definition nicht notwendigerweise so bezeichnet zu werden.

Der dem Militärbereich entstammende Begriff der "Strategie" kann beim tierischen Lösungsverhalten wegfallen, da er inhaltlich im wesentlichen mit der o.a. Definition averbaler Hypothesenbildung identisch ist.

5. Erweiterung des TOTE-Modells zur Erklärung des tierischen Problem-Lösungs-Verhaltens

In ihrer Monographie "Plans and the structure of behavior" stellten MILLER, GALANTER & PRIBRAM (1960) ein Denk - und Lernmodell (TOTE-Modell) vor, das geeigneter als geläufige, vorwiegend am tierischen Verhalten entwickelte, Lern - und Denkmodelle zu sein beanspruchte, weil es die spezifisch menschlichen Handlungsmöglichkeiten berücksichtigte. Der theoretische Teil der vorliegenden Untersuchung beschäftigte sich bereits mit dem TOTE-Modell (S. 57 f.).

Hier soll versucht werden, dieses Modell erstmalig für die Erörterung tierischen Problem-Lösungsverhaltens nutzbar zu machen. Gleichzeitig soll dieses Vorgehen deutlich machen, daß Prinzipien menschlichen Problem-Lösungsverhaltens bei höheren Tieren nachweisbar sind.

Abb. 15 stellt das TOTE-Modell in etwas modifizierter Form dar. Danach wird der "input" mit dem Systemzustand verglichen. Wird dieser Test sozusagen ohne Dissonanzen (FESTINGER 1957) abgeschlossen, kann die Handlung, die Wahl erfolgen. Bei komplexen Problemlösungsaufgaben (z.B. Sechsfach-Musterwahl) steht eine beschränkte Anzahl von Analysatoren zur Verfügung, die entsprechend den Erfordernissen der Situation und ihrer primären Einsatz-Wahrscheinlichkeiten das Lösungsverhalten bestimmen. Da dieses System zwar offen, aber nicht unbedingt sehr labil ist, bedarf es einer Reihe von nichterwarteten Ausgängen, bevor die Notwendigkeit zur "Umstrukturierung" deutlich wird. Bei der Zweifach-Musterwahl sind letztlich sämtliche Analysatoren so häufig von positiv bewerteten Ausgängen gefolgt, daß eine gewisse Mindest-Wahrscheinlichkeit ihren Einsatz "garantiert".

Je nach Motivation, Qualität der Erwartung und Quantität der Enttäuschungen wird das ursprüngliche System korrigiert, umstrukturiert. Dabei können bisher nicht verfügbare bzw. nicht gebrauchte Analysatoren zum Einsatz kommen. Mit dem neuen Systemzustand als Grundlage wird nun das Problem angegangen. Insgesamt kann sich dieser Vorgang mehrmals wiederholen.

Abb. 16 zeigt die Übertragung des modifizierten TOTE-Modells auf die spezifische Problematik der Mehrfach-Musterwahl, wobei versucht wurde, das "Analysatoren-Modell" in das "TOTE-Modell" zu integrieren.

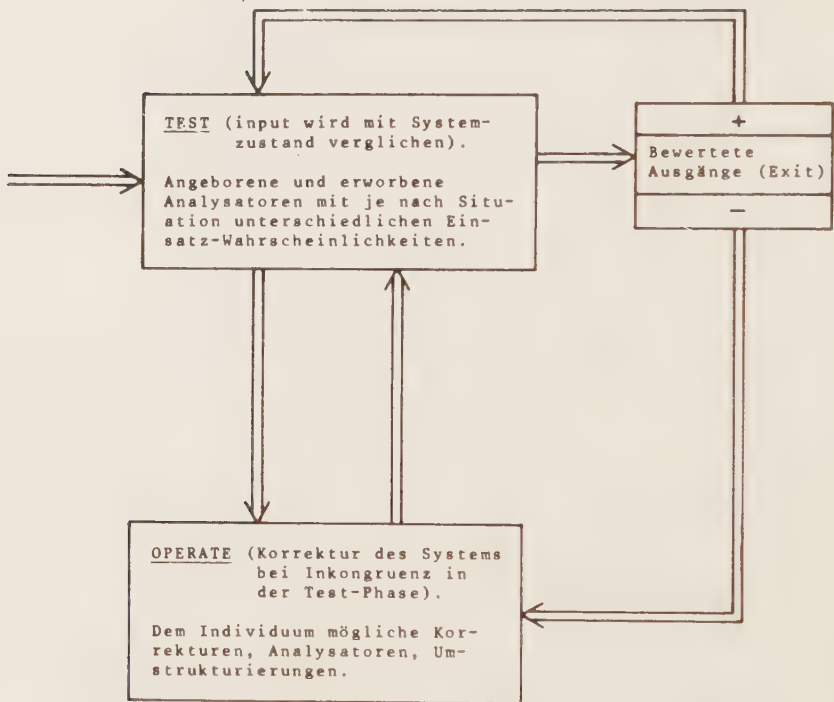


Abb.15: TOTE-Modell nach MILLER, GALANTER & PRIBRAM (1960), modifiziert auf der Basis des "Analysator"-Modells von SUTHERLAND & MACKINTOSH (1971).

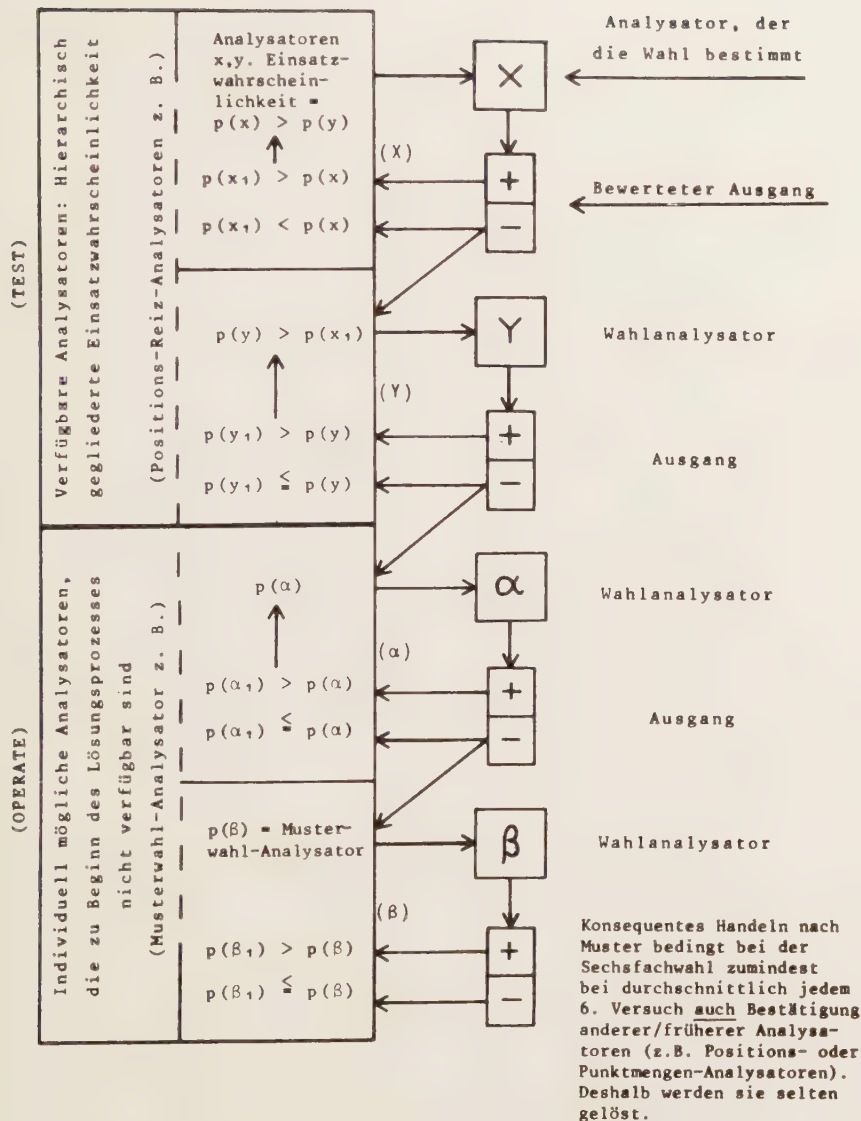


Abb. 16 Verlauf des Lernprozesses bei der Mehrfach-Musterwahl nach dem modifizierten TOTE-Modell

Aus der Fülle der möglichen verfügbaren Analysatoren wurden zwei herausgegriffen und mit "X" und "Y" bezeichnet. Bei der Mehrfachwahl soll ferner gelten, daß die primäre Einsatz-Wahrscheinlichkeit $P(X)$ größer ist als die $P(Y)$. Demzufolge ist die erste Wahl durch den Analysator (X) bestimmt. Bei positivem Ausgang ist dessen Einsatz-Wahrscheinlichkeit $P(X_1)$ jetzt größer als die ursprüngliche $P(X)$. Gleichzeitig gilt: $P(Y)$ wird geringer. Ist aber der Ausgang negativ, so vertauschen sich die Einsatz-Wahrscheinlichkeiten, denn nun ist $P(X_1)$ kleiner als $P(X)$, während $P(Y)$ größer wird.

Wir nehmen weiter an, daß die darauffolgende Wahl durch Analysator (Y) bestimmt wird. Man sieht so gleich, daß sich im Prinzip derselbe Vorgang wiederholt. Solange nun der eigentliche "Problem-Lösungs-Analysator" nicht gefunden bzw. eingesetzt wird, werden je nach Aufgabearart negative Ausgänge, die sich zumindest teilweise überschneiden mit "Enttäuschten Erwartungen", nicht zu vermeiden sein. An dieser Stelle wird der dem Tier "innewohnende" Drang nach Organisation, Strukturierung deutlich:

Die Zweifach-Musterwahl ist von der Aufgaben-Struktur her recht einfach. Völlig undurchsichtig, unstrukturiert und unvorhersagbar ist sie auch dann nicht, wenn das Tier konstant nach Reiz oder Position wählte, aber nicht nach Muster. Die "Strukturierungs-Motivation", wie ich sie einmal nennen möchte, ist bei einer einfachen Diskriminierungsaufgabe gering, weil für das Tier jedwedes Handeln noch eine subjektiv hinreichende Einfach-Struktur haben kann.

Bei der Sechsfach-Musterwahl dagegen ist die o.a. "Strukturierungs-Motivation" erhöht, denn die Anzahl aller Handlungsmöglichkeiten ist erheblich größer.

Wenn also die Strukturierung der Aufgabe nicht hinreichend gelöst ist, so erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, daß neue Wege beschritten, neue Analysatoren gebildet und eingesetzt werden. Im vorliegenden Fall lernt schließlich der Rabe, nach dem Muster-Prinzip zu handeln. Aber nicht ausschließlich: Hat das Tier beispielsweise zu Beginn des Lernprozesses Position 5 bevorzugt, später aber wieder leidlich aufgegeben, so wird bei stetigem Handeln nach Muster bei einem Sechstel aller Versuche auch Position 5 gewählt. Dadurch wird der ursprüngliche Positions-Analysator wieder aktiviert. Das Tier wird also immer auch nach anderen Gesichtspunkten als dem Muster-Prinzip handeln, wobei seltener vorkommt, daß es nach Muster handeln w i l l (und sich i r r t).

Wir glauben damit, die Nutzbarkeit des TOTE-Modells für die Erörterung tierischen Problemlösungs-Verhaltens deutlich gemacht zu haben.

XI. ZUSAMMENFASSUNG:

Die vorliegende Untersuchung beschäftigt sich mit Problemlösungsverhalten bei Kolk-raben. Ursprünglich hatte sie das Ziel verfolgt, eine Analyse der Mengenerfassung auf gestaltpsychologischer Grundlage zu erstellen, aber infolge nicht-adäquater Untersuchungsbedingungen gelang die Dressur einer für diese Absicht sinnvollen Aufgabe (Zweifach-Musterwahl) nicht, so daß die "Dressur-Schwierigkeiten" ihrerseits Themen der Arbeit wurden. Die Aufgabe, die von vier einjährigen Raben zu bewältigen war, ist dem Bereich des "unbenannten Zählens" entnommen und wird als "Sechsfach-Musterwahl" bezeichnet: Hierbei soll das Tier lernen, von sechs zur Wahl stehenden Näpfen denjenigen zu öffnen, auf dessen Deckel ebenso viele Punkte dargestellt sind wie auf einem vorgegebenen Muster, wobei die Anordnung der "Punkte" zueinander auf dem Muster anders als auf dem Napf-Deckel sein kann. Auf dem Muster waren 1-6 Punkte abgebildet, dressiert wurde nach der Korrekturmethode, d.h. die Anzahl der Wahlen bei einem Versuch war nicht begrenzt.

Im theoretischen Teil der Arbeit wird zunächst das Problem "unbenanntes Zählen", ausführlich dargestellt. Daran schließen sich einige ausgewählte Aspekte des Problems an, und zwar ausgehend von informationstheoretischen Betrachtungen der

Mengenerfassung bis hin zu den Darstellungen zum Problem des "Zählens" von PIAGET und WERTHEIMER.

Bedingt durch die Umgestaltung des Themas werden anschließend recht ausführlich ausgewählte Probleme der Lernpsychologie diskutiert. Innerhalb dieses Abschnitts befaßt sich ein kurzer Exkurs mit dem "Zählen" im motorischen Bereich. In einem weiteren Exkurs wird von einem Problemlösungsversuch aus der Humanpsychologie berichtet.

Im experimentellen Teil der Untersuchung werden im Anschluß an die Darstellung der Versuchsanordnung - und durchführung die Versuche zur Zweifach-Musterwahl ausführlich geschildert, denn die Ergebnisse dieser Versuchsphase führten zur besagten Umstrukturierung des Themas. Das Versuchsverhalten der Tiere wird eingehend erörtert.

Es folgt die Darstellung der Vorgehensweise bei der Sechsfach-Musterwahl. Anstelle von Hypothesen werden Erwartungen geäußert, ob und in welcher Form sich das Wahlverhalten der Raben verändern würde. Anschließend werden die Ergebnisse der Sechsfach-Musterwahl dargestellt und erörtert.

Obwohl alle vier Raben während der halbjährigen Versuchsdauer durchschnittlich nur etwa 5 Versuche pro Tag bzw. insgesamt nur knapp über 1000 Versuche absolvierten, brachte die Verlaufsanalyse eine ganze Reihe interessanter Phänomene zutage. Nach 12 "Programmen" wurde der Lernprozeß unter bestimmten Gesichtspunkten analysiert. Dabei ergab sich:

1. Bestimmte Positionen der Näpfe können bevorzugt werden; derartige Bevorzugungen können sich im Verlaufe des Lernprozesses ändern.
2. Bestimmte Punktmengen (Anzahl der Punkte auf einem Deckel) können bevorzugt werden; Veränderungen sind auch hier (wie bei 1) möglich.
3. Beim Versuch N werden bevorzugt die Positionen aufgesucht, die bei N-1 belohnt waren.
4. Beim Versuch N werden bevorzugt Punktmengen aufgesucht, die bei N-1 belohnt waren. Statt "Bevorzugung" wurde auch "Meidung" beobachtet.
5. Bestimmte Zahlgebilde können bevorzugt werden (unabhängig von der Anzahl der Punktmenge, nur nach "figuralem Charakter" urteilend sind Veränderungen möglich.
6. Unterschiedliche Reaktionszeiten bei positiven und negativen Wahlen wurden beobachtet (in einem Fall kürzere Reaktionszeit bei positiven Wahlen, in den anderen drei Fällen gegenteilige Tendenz). Veränderungen treten häufig auf.
7. Allgemeines und selektives Handeln nach Muster wurde festgestellt.
8. Wahl nach Muster und Wahl nach anderen Prinzipien (Positionen, Punktmengen etc.) sind voneinander weitgehend unabhängig.
9. Korrekte Wahlen werden dann mit größerer Wahrscheinlichkeit erzielt, wenn ihnen gleichzeitig mehrere Bevorzugungen (z.B. Position und Punktmenge) entsprechen.

Die aufgeführten Phänomene werden zunächst isoliert erörtert. Im Anschluß daran wird versucht, diese in einen allgemeinen Ansatz zum Problemlösungsverhalten zu integrieren. Dabei folgen wir dem Modell von SUTHERLAND & MACKINTOSH (1971), damit dem Begriff des "Analysators" arbeitet.

Es zeigt sich, daß sowohl das Lösungsverhalten der Kolkkraben als auch das des Menschen bei bestimmten Problemen vergleichbar ist.

Abschließend wird versucht, auf der Basis dieser Betrachtungen Problemlösungsverhalten bei Tieren (streng genommen zunächst nur bei Kolkkraben) in einem modifizierten TOTE-Modell nach MILLER, GALANTER & PRIBRAM (1960) darzustellen. Für tierisches Lernen und Denken ist dieses Modell bis heute noch nicht nutzbar gemacht worden. Schließlich wird die Ausgangsfrage, inwieweit ein Tier nämlich so etwas wie "Hypothesenbildungen" vornehmen kann, beantwortet, indem eine operationale Definition des Begriffes "Hypothesenbildung" bei Tieren vorgeschlagen wird.

Literatur-Verzeichnis

- ADEY, W.R.: Studies of Hippocampal Electric Activity During Approach Learning.
In: Fessard, A., Gerard, R.W., Konorski, J. (Eds): Brain Mechanisms and Learning. Oxford 1961
- ANGERMEIER, W.F.: Verstärkung.
unver. Referat, Münster 1973
- APPELLE, St.: Perception and Discrimination as a Function of Stimulus Orientation: the "Oblique Effect" in Man and Animals. Psych. Bull. (78, 1972, S. 266-278)
- ARNDT, W.: Abschließende Versuche zur Frage des "Zähl"-Vermögens der Haustaube. Z.f.Tierpsychologie (3, 1939, S. 88-142)
- BERNSTEIN, I.S.: The Utilization of Visual Cues in Dimension-Abstracted Oddity by Primates. J. of Comp. and Physiol. Psych. (54, 1961, S. 243-247)
- BLAKEMORE, C.
COOPER, G.F.: Development of the Brain Depends on the Visual Environment. Nature (228, 1970, S. 477-478)
- BRAUN, H.: Über das Unterscheidungsvermögen unbenannter Anzahlen bei Papageien. Z.f.Tierpsychol. (9, 1952, S. 40-91)
- CLAYTON, K.N.: Reward and Reinforcement in Selective Learning: Considerations with Respect to a Mathematical Modell of Learning.
In: Tapp, J.T.: (Ed) Reinforcement and behavior. New York 1969, (S. 95-119)

- DERDZINSKI, D.,
WARREN, J.M.: Perimeter, Complexity, and
Form Discrimination Learning
by Cats.
J. of Comp. and Physiol.
Psychol. (68, 1969, S. 407-
411)
- DÖHL, J.: Lernversuche mit Schimpansen.
Bild d. Wissensch. (11, 1970,
S. 1107-1115)
- DUNCKER, K.: Zur Psychologie des Produktiven
Denkens.
Berlin 1935
- ECCLES, J.: The Synapse.
In: Chalmers, N, Crawley, R.,
Rose, St.(Eds): The Biological
Bases of Behavior.
New York 1971
- EGGER, M.D.,
MILLER, N.E.: When is a Reward Reinforcing ?
An Experimental Study of the
Information Hypothesis.
J. of Comp. and Physiol. Psych.
(56, 1963, S. 132-137)
- EIBL-EIBESFELD, I.: Grundriß der Vergleichenden
Verhaltensforschung.
München 1967
- ESTES, W.K.: Reinforcement in Human Learning.
In: Tapp, J. (Ed): Reinforce-
ment and Behavior.
New York 1969, (S. 63-94)
- ESTES, W.K.: Reinforcement and Human
Behavior.
Amer. Scient.(60, 1972, S. 723-
729)
- FRIEDE, A.: Abstraktionsversuche auf
"Gleich" gegen "Ungleich" bei
Dohlen.
Z.f.Tierpsychol. (30, 1972,
S. 383)

- FROLOW, B.: Die magische Sieben der Altsteinzeit.
Bild d. Wissensch. (5, 1971, S. 258-265)
- GANZ, L.
FITCH, M.
SATTERBERG, J.A.: The Selective Effect of Visual Deprivation on Receptive Field Shape Determined Neuro - physiologically.
Exp. Neurology (22, 1968, S. 614-637)
- GLANZER, M.
TAUB, T.
MURPHY, R.: An Evaluation of Three Theories of Figural Organization.
Amer.J. of Psych. (81, 1968, S. 53-66)
- GLEZER, W.D.: Zur Untersuchung der Mechanismen der Bilderkennung im Wahrnehmungssystem.
Z.f.Psychol. (1971, 1965)
- GRO:MANN, K.E.: Psychologie des Verhaltens.
Bild d. Wissensch. (12, 1968, S. 1050-1061)
- GUTHRIE, E.R.: The Psychology of Learning.
New York 1935, 1952 II
- HARLOW, H.F.: The Formation of Learning Sets.
Psych. Rev. (56, 1949, S.51-65)
- HASSMANN, M.: Vom Erlernen unbenannter Anzahlen beim Eichhörnchen.
Z.f. Tierpsychol. (9, 1952, S.294-321)
- HENLE, M. (Ed): The Selected Papers of Wolfgang Köhler.
New York 1971
- HERMANN, Th.: Informationstheoretische Modelle zur Darstellung der kognitiven Ordnung.
In: Bergius, R.(Hrsg.): Allgemeine Psychologie, Lernen und Denken.
Hdb. d.Psychol. 1, 2. Hlb. Göttingen 1964, S. 641-669

- HERSHENSON, M.: Visual Discrimination in the Human Newborn.
J. of Comp. and Physiol. Psych.
(58, 1964, S. 270-276)
- HESS, W.R.: Das Zwischenhirn.
Basel 1954
- HILGARD, E.R.
BOWER, G.H.: Theorien des Lernens II.
Stuttgart 1971
- HIRSCH, H.V.: Visual Experience Modifies
Distribution of Horizontally
and Vertically Oriented Receptive
Fields in Cats.
Science (168, 1970, S. 869-871)
- HOLST, E.V.: Die Auslösung von Stimmungen bei
Wirbeltieren durch "punktförmige"
elektrische Erregung des Stamm-
hirns.
Naturwissenschaften (44, 1957,
S. 549-551)
- HUBEL, D.H.
WIESEL, T.N.: Receptive Fields, Binocular
Interaction and Functional
Architecture in the Cat's
Visual Cortex.
J. of Physiol. (160, 1962, S. 106-
154)
- HUBEL, D.H.
WIESEL, T.N.: Receptive Fields and Functional
Architecture in two Non-Striate
Visual Areas (18 and 19) of the
Cat.
J. Neurophysiol. (28, 1965, S. 229-
289)
- HUBEL, D.H.
WIESEL, T.N.: Receptive Fields and Functional
Architecture of Monkey Striate
Cortex.
J. of Physiol. (195, 1968,
S. 215-243)
- HUNTER, W.S.: The Temporal Maze and Kinaesthetic
Sensory Processes in the
white Rat.
Psychobiology (2, 1970, S. 1-17)

- HUNTER, W.S.: The Sensory Control of the Maze Habit in the White Rat.
J. Genet. Psychol. (36, 1929, S. 505-537)
- JOHNSON, J.L. jr: Double Alternation by Raccoons.
J.Comp. Physiol. Psychol. (54, 1961, S. 248-251)
- KARN, H.W.
MALAMUD, H.R.: The Behavior of Dogs on the Double Alternation Problem in the Temporal Maze.
J.Comp.Physiol. Psychol. (27, 1939, S. 461-466)
- KERN, A.: Sitzenbleiberelend und Schulreife.
Freiburg 1951
- KLIX, Friedhart: Information und Verhalten.
Bern 1971
- KOEHLER, O.
MÜLLER, O.
WACHHOLZT, R.: Kann die Taube Anzahlen erfassen ?
Verhdlg. d. Dtsch. Ges. Zool. 1935, S. 39-54
- KOEHLER, O.
WACHHOLZT, R.: Weitere Versuche an der Taube Nichtweiß zur Frage des Zählvermögens.
Verhdlg. d. Dtsch.Ges.Zool. 1936, S. 221-236)
- KOEHLER, O.: Können Tauben "zählen" ?
Z.f.Tierpsychol. (1, 1937, S. 39-48)
- KOEHLER, O.: Vom Erlernen unbenannter Anzahlen bei Vögeln.
Die Naturwissenschaften (29, 1941, S. 201-218)
- KOEHLER, O.: Zählversuche an einem Kolkkraben und Vergleichsversuche am Menschen.
Z.f.Tierpsychol. (5, 1943, S.575-712)

- KOEHLER, O.: "Zählende Vögel" und vor-
sprachliches Denken.
Zoolog. Anz. Suppl. Bd. 14
Verh.d.Dt. Zool.Ges. 1949
(S. 219-238)
- KOEHLER, O. Vögel erlernen unbenannte An-
zahlen.
Proc. XI. Int.Orn.Congr. Uppsala,
1951, S. 383-392
- KOEHLER, O.: Vom unbenannten Denken.
Verh. dt. Zool.Ges.Freiburg
1952, S. 202-211
- KOEHLER, O.: Vorbedingungen und Vorstufen
unserer Sprache bei Tieren.
Verh. d.Dt. Zool.Ges.1954 Leip-
zig,
Zool.Anz. Suppl. Bd. 18
S. 327-340
- KOEHLER, O.: Zählende Vögel und Vergleichende
Verhaltensforschung.
Acta 11, Congr. Int.Orn.Basel
1955, S. 588-598
- KOEHLER, W.: Nachweis einfacher Struktur-
funktionen beim Schimpansen und
beim Haushun.
Abhdlg. Preuß.Akad.d.Wissensch.,
Berlin 1918
- KRECHEVSKY, J.: "Hypothesis" in rats.
Psych. Rev. (39, 1932
- KRINCIK, E.P.: Wahrscheinlichkeitsstruktur der
Situation und Reaktionsent-
scheidungszeit.
In: KUSSMANN, Th.:(Hrsg)Bewußt-
sein und Handlung. Bern 1971
- KÜHN, E.: Simultanvergleich gesehener
Mengen beim Rhesusaffen.
Z.f.Tierpsychol. (10, 1953,
S.268-296).

- LEVINE, M.: Hypothesis Behavior.
In: SCHRIER, A.M. & HARLOW H.F.
STOLLNITZ F. (Eds): Behavior of
Nonhuman Primates. New York 1965,
S. 97-177
- LEVINE, M.: A Model of Hypothesis Behavior
in Discrimination Learning.
Psychol. Rev. (66, 1959, S.353-
366)
- LÖGLER, P.: Versuche zur Frage des "Zählver-
mögens" an einem Graupapagei und
Vergleichsversuche an Menschen.
Z.f. Tierpsychol. (16, 1959,
S. 179-217)
- LOGAN, F.A.: Experimental Psychology of Animal
Learning and Now.
Amer.Psychol. 27, 1972m S.1055-
1062
- LOVEJOY, E.: Analysis of the Overlearning
Reversal Effect.
Psychol. Rev. (73, 1966, S. 87-
103)
- MANDLER, J.M.: Multiple Stimulus Discrimination
Learning. III. What is learned ?
Quart. J.of Exper. Psych. (25,
1973, S. 112-123)
- MAROLD, E.: Versuche an Wellensittichen zur
Frage des "Zähl"-Vermögens.
Z.f.Tierpsychol. (3, 1939,
S.170-223)
- MILLER, G.A.: The Magical Number Seven, Plus
or Minus two: Some Limits on
our Capacity for Processing In-
formation.
Psychol. Review (63, 1956,
S.81-97)
- MILLER, G.A.
GALANTER, E.
PRIBRAM, K.H.: Plans and the Structure of
Behavior.
New York 1960

- MILLER, G.A.: Information and Memory.
In: CHARMERS, N. (Ed): The
biological bases of behavior.
New York 1971, S. 212-218
- MORRELL, F.: Lapsing Changes in Synaptic
Organization Produced by
Continuous Neural Bombardement.
In: Fessard, A., Gerard, R.W. ,
Konorski, J. (Eds): Brain
Mechanismus and Learning.
Oxford 1961
- NEUMANN, Ch.P.
KÖPFER, P.H.: Cage size and Discrimination
Tests in Birds: a Methodological
Caution.
Behavior, (34, 1969, S. 132-137)
- PIAGET, J.
SZEMINSKA, A.: Die Entwicklung des Zahlbegriffs
beim Kinde.
Stuttgart 1965
- POSNER, M.I.: Information reduction in the ana-
lysis of sequential tasks.
Psych. Rev. (71, 1962, S. 491-504)
- RAHMANN-ESSER, M.: Erlernen rhythmischer Handlungs-
folgen bei Hühnern.
Z.f.Tierpsychol. (21, 1964,
S. 827-853)
- RAUH, H.: Entwicklungspsychologische Ana-
lyse kognitiver Prozesse.
Weinheim Basel 1972
- RENSCH, B.
ALTEVOGT, R.: Visuelles Lernvermögen eines
Indischen Elefanten.
Z.f.Tierpsychol. (10, 1953,
S. 119-134)
- RENSCH, B.: Die Abhängigkeit der Struktur
und der Leistungen tierischer
Gehirne von ihrer Größe.
Die Naturwissenschaften (45,
1958, S. 145-154)

- RENSCH, B.: Die höchsten Hirnleistungen der Tiere.
Naturwiss. Rundschau (18, 1965, S. 91-101)
- RENSCH, B.: Gedächtnis, Begriffsbildung und Planhandlungen bei Tieren.
Berlin 1973
- RESTLE, F.: The Selection of Strategies in Cue Learning.
Psychol. Rev. (69, 1962, S.329-343)
- REVENSTORFF, D.: Theorien und Experimente zum Latenten Lernen.
Psychol. Beiträge (9, 1966/67, S.122-163)
- SALAPATEK, Ph.: Visual Scanning of Geometric Figures by the Human Newborn.
J. of Comp. and Physiol. Psychol. (66, 1968, S. 247-258)
- SANDERS, A.F.: Psychologie der Informationsverarbeitung.
Huber Bern 1971
- SAUTER, U.: Versuche zur Frage des Zählvermögens bei Elstern.
Z.f. Tierpsychol. (9, 1952, S. 252-289)
- SCHIEMANN, K.: Vom Erlernen unbenannter Anzahlen bei Dohlen.
Z.f. Tierpsychol. (3, 1939, S.292-347)
- SCHOLE, H.: Über die Ausbildung motorisch-rhythmischer Funktion beim Haushuhn.
Z.f. Psychol. 1. Abtlg. (132, 1934, S. 289-303)
- SUTHERLAND, N.S.: Visual Discrimination of Orientation and Shape by OCTOPUS Nature, (179, 1957, S. 11-13)

- SUTHERLAND, N.S.: Theories of Shape Discrimination in OCTOPUS.
Nature (186, 1960, S. 840-844)
- SUTHERLAND, N.S.: Discrimination of Horizontal and Vertical Extents by OCTOPUS.
J. of Comp. and Physiol. Psych. (54, 1961, S. 43-48)
- SUTHERLAND, N.S.
MACKINTOSH, N.J.: Mechanismus of Animal Discrimination Learning.
New York 1971
- STETTNER, L.J.
MATYNIK, K.A.: The Brain of Bird.
Scient. Amer. (68, 1968, S. 64-76)
- STEWART, C.N.
WARREN, J.M.: The Behavior of Cats on the Double Alternation Problem.
J. of Comp. and Physiol. Psychol. (50, 1957, S. 26-28)
- STONE, G.C.: Attainment of Color, Form, and Size Concepts by Rhesus Monkeys.
J. of Comp. and Physiol. Psych. (54, 1961, S. 38-42)
- TOWE, A.L.: A Study of Figural Equivalence in the Pigeon.
J. of Comp. and Physiol. Psych. (47, 1954, S. 283-287)
- UNGERER, D.: Zur Theorie des sensumotorischen Lernens.
Schorndorf 1971
- ULICH, E.: Das Lernen sensumotorischer Fertigkeiten.
In: Bergius, R. (Hrsg.): Allgemeine Psychologie, Lernen und Denken.
Handbuch d. Psychol. 1, 2. Halbband.
Göttingen 1964, S. 326-346
- ULRICH, R.
AZRIN, N.H.: Reflexive Fighting in Response to Aversive Stimulation.
J. Exp. Anal. Beh. (5, 1962, S. 511-521)

- VOLPERT, W.: Sensumotorisches Lernen.
Frankfurt 1971
- WARREN, J.M.
BECK, C.H.: Visual Probability Learning by
Cats.
J. of Comp. and Physiol. Psych.
(61, 1966, S. 316-318)
- WERTHEIMER, M.: Untersuchungen zur Lehre von
der Gestalt.
Psychol. Forschung (4, 1923,
S. 301-351)
- WERTHEIMER, M.: Produktives Denken.
Frankfurt 1964
Productive Thinking, New York
1945
- WOODWORTH, R.S.: Dynamics of Behavior.
New York 1958
- YAMAGUCHI, Sh.
WARREN, J.M.: Single Versus Double Alternation
Learning by Cats.
J. of Comp. and Physiol. Psych.
(54, 1961, S. 533-538)
- ZEIER, H.: Über sequentielles Lernen bei
Tauben, mit spezieller Berück-
sichtigung des "Zähl"-Verhaltens.
Z.f. Tierpsychol. (23, 1966,
S. 161-189)
- ZIMMERMANN, R.R.: Analysis of Discrimination
Learning Capacities in the Infant
Rhesus Monkey.
J. of Comp. and Physiol. Psych.
(54, 1961, S. 1-10)
- ZIMMERMANN, R.R.: Form Generalization in the Infant
Monkey.
J. of Comp. and Physiol. Psych.
(55, 1962, S. 918-923)

Lebenslauf

- 15.12.1941 Geburt in Jena/Thür. als viertes und
 letztes Kind der Eheleute Prof. Dr.
 Bernhard S i m o n s und Ehefrau
 Irmgard, geb. Höfer
- 1948 Einschulung in Göttingen
- 1950 Umzug nach Köln
- 1952 Besuch des Friedrich-Wilhelm-Gymnasiums
- 1953 Umzug nach Duisburg-Hamborn
- 1959/1960 Wegen Erkrankung der Schule fernge-
 blieben
- 16.3.1963 Abitur am Neusprachlichen Zweig des
 Leibniz-Gymnasiums in Duisburg-Hamborn
- 1963 Beginn des Studiums in Münster (SS)
 Hauptfach: Kunstgeschichte; Nebenfächer
 Archäologie, Romanistik
- 1964/1965 Im WS 64/65 und im SS 65 Studium am
 "Institut d' Etudes Francaises Pour
 Etudiants Etrangers" in Aix-en-Povence/
 Südfrankreich
- 28.5.1965 Diplome des Langue et Lettres Fran-
 caises (Gesamtnote: "gut")
- 1965 Beginn des Psychologie-Studiums in
 Münster im WS 65/66
- 29.2.1968 Diplom-Vorprüfung für Psychologen
 (Gesamtnote: "gut")
- 30.4.1970 Diplom-Hauptprüfung für Psychologen
 (Gesamtnote: "gut")
- ab 1970 Beginn der experimentellen Unter-
 suchungen zur Dissertation
- 1973 Vom 1.1.1973 bis zum 31.12.1973
 Wissenschaftlicher Angestellter in
 dem Sportpsychologischen Forschungs-
 projekt: "Handlungspsychologische Fak-
 toren im Sportlichen Übungsprozeß";
 Ltg.: Herr Prof.Dr.A. Thomas
- ab 1.1.1974 Verwalter einer wissenschaftlichen
 Assistentenstelle in der "Allgemeinen
 und Angewandten Abteilung" (Dir.:
 Prof.Dr. W. Witte) des Psychologischen
 Instituts der Universität Münster

